

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# **DIPLOMSKI RAD**

**Ante Gujić**

Zagreb, 2017.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Igor Balen, dipl. ing.

Student:

Ante Gujić

Zagreb, 2017.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof. dr. sc. Igoru Balenu na pruženoj pomoći i podršci tijekom izrade rada.

Ante Gujić



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
procesno-energetski, konstrukcijski, brodstrojarski i inženjersko modeliranje i računalne simulacije

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa:	
Ur. broj:	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student:

**Ante Gujić**

Mat. br.: 0035188907

Naslov rada na  
hrvatskom jeziku:

**Projekt sustava grijanja i ventilacije višestambene zgrade**

Naslov rada na  
engleskom jeziku:

**Design of heating and ventilation system for multi-family building**

Opis zadatka:

U ovom radu, potrebno je projektirati sustav grijanja i prisilne ventilacije za višestambenu zgradu s 45 stanova, ukupne korisne površine 2600 m<sup>2</sup>, prema zadanoj arhitektonskoj podlozi. Stambena zgrada ima šest etaža (Po+Pr+1K+2K+3K+4K). Najprije je potrebno usporediti tri varijante rješenja sustava grijanja prema metodologiji iz Elaborata primjenjivosti alternativnih sustava opskrbe energijom te odabrati optimalno tehničko rješenje na temelju usporedbe investicijskih i pogonskih troškova. Odabrano rješenje sustava potrebno je razraditi na razini glavnog projekta. Pripremu potrošne tople vode (PTV) predvidjeti u izvedbi akumulacijskog sustava sa solarnim kolektorima.

Zgrada se nalazi na području grada Rijeke.

Na raspolaganju su energetske izvori:

- elektro-priključak 230/400V; 50Hz,
- niskotlačni plinski priključak,
- vodovodni priključak tlaka 5 bar.

Rad treba sadržavati:

- toplinsku bilancu zgrade za zimu,
- proračun investicijskih i pogonskih troškova za tri varijante rješenja,
- toplinsku i količinsku bilancu razvoda vode odabranog sustava grijanja, ventilacije i pripreme PTV,
- hidraulički proračun cijevne mreže ogrjevnog medija i kanalnog razvoda zraka,
- tehničke proračune koji definiraju izbor opreme,
- tehnički opis funkcije odabranog sustava,
- funkcionalnu shemu spajanja i shemu regulacije,
- crteže kojima se definira raspored i montaža opreme.

Potrebni ulazni podaci bit će dostupni od mentora. U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:

Rok predaje rada:

Predviđeni datum obrane:

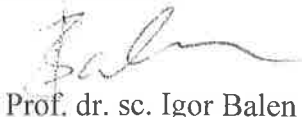
11. svibnja 2017.

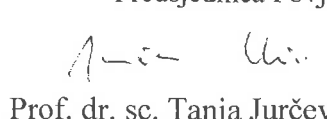
13. srpnja 2017.

19., 20. i 21. srpnja 2017.

Zadatak zadao:

Predsjednica Povjerenstva:

  
Prof. dr. sc. Igor Balen

  
Prof. dr. sc. Tanja Jurčević Lulić

# SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	III
POPIS TABLICA .....	IV
POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE .....	V
POPIS OZNAKA .....	VI
SAŽETAK .....	VII
SUMMARY .....	VIII
1. UVOD .....	1
1.1. Potrošnja energije u sustavima grijanja, hlađenja i ventilacije .....	1
2. VARIJANTE SUSTAVA .....	4
3. OPIS ZGRADE .....	5
4. PROJEKTNI TOPLINSKI GUBICI .....	6
5. GODIŠNJA POTREBNA ENERGIJA ZA GRIJANJE .....	8
6. VENTILACIJA ZGRADE .....	10
7. ZAGRIJAVANJE POTROŠNE TOPLE VODE .....	11
7.1. Proračun solarnog zagrijavanja PTV-a .....	11
8. TEHNOEKONOMSKA ANALIZA .....	15
8.1. Određivanje potrebne energije za ventilaciju .....	15
8.2. Prva varijanta rješenja sustava .....	16
8.3. Druga varijanta rješenja sustava .....	18
8.4. Treća varijanta rješenja sustava .....	21
9. ODABIR OPTIMALNOG RJEŠENJA .....	24
10. HIDRAULIČKI PRORAČUN CJEVOVODA .....	27
11. HIDRAULIČKI PRORAČUN VENTILACIJSKIH KANALA .....	29
12. ODABIR OPREME .....	31
12.1. Kotao na drvenu sječku .....	31
12.2. Podno grijanje .....	32
12.3. Hidraulička skretnica .....	32
12.4. Kotlovski razdjelnik .....	32
12.5. Troputni miješajući ventili .....	33
12.6. Solarni pločasti kolektori .....	33
12.7. Spremnik PTV-a .....	33
12.8. Cirkulacijske pumpe .....	34
12.9. Solarna pumpna stanica .....	34
12.10. Ekspanzijske posude .....	35
12.11. Kotlovska regulacija .....	36
12.12. Regulacija kruga solarnog zagrijavanja PTV-a .....	36
12.13. Mjerenje potrošnje toplinske energije .....	36
12.14. Klimatizacijska jedinica .....	37
12.15. Distributeri zraka i odsisne rešetke .....	37

13. TEHNIČKI OPIS .....	39
13.1. Sustav grijanja.....	39
13.2. Sustav ventilacije .....	40
13.3. Sustav pripreme PTV-a.....	40
14. ZAKLJUČAK .....	41
LITERATURA.....	42
PRILOZI.....	43

## POPIS SLIKA

Slika 1.	Struktura potrošnje energije u zgradarstvu .....	1
Slika 2.	Plinski kondenzacijski kotao [3].....	2
Slika 3.	Kotao na drvenu sječku [4].....	3
Slika 4.	Termostatski ventil [2].....	3
Slika 5.	Zapadno pročelje promatrane zgrade.....	5
Slika 6.	Tlocrt 1. kata promatrane zgrade .....	5
Slika 7.	Potrebna toplinska energija za grijanje zgrade po mjesecima .....	9
Slika 8.	Ovisnost omjera godišnje dobivene solarne energije i potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a o broju solarnih kolektora .....	13
Slika 9.	Udio solarne energije u pokrivanju potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a po mjesecima .....	14
Slika 10.	Potrebna toplinska energija za ventilaciju po mjesecima .....	16
Slika 11.	Isporučena toplinska energija plinskom kondenzacijskom kotlu po mjesecima .....	17
Slika 12.	Isporučena toplinska energija kotlu na drvenu sječku po mjesecima .....	19
Slika 13.	Potrebna električna energija za pogon dizalice topline za grijanje prostora i ventilaciju ..	21
Slika 14.	Potrebna električna energija za pogon dizalice topline za zagrijavanje PTV-a .....	22
Slika 15.	Isporučena energija po sustavima .....	24
Slika 16.	Primarna energija po sustavima .....	24
Slika 17.	Emisija CO <sub>2</sub> po sustavima.....	25
Slika 18.	Pregled pogonskih i investicijskih troškova kroz period korištenja od 20 godina.....	26
Slika 19.	Prikaz numeriranih dionica kritičnog kruga podnog grijanja .....	28
Slika 20.	Prikaz numeriranih kritičnih dionica dobavnih i odsisnih kanala.....	30

## POPIS TABLICA

Tablica 1.	Unutarnje projektne temperature prostorija .....	6
Tablica 2.	Koeficijenti prolaza topline .....	6
Tablica 3.	Toplinski gubici prostorija za veći stan (59,8 m <sup>2</sup> ) .....	7
Tablica 4.	Toplinski gubici prostorija za manji stan (54,2 m <sup>2</sup> ) .....	7
Tablica 5.	Ulazni podaci za proračun godišnje potrebne energije za grijanje [8] .....	8
Tablica 6.	Ostali potrebni podaci za proračun godišnje potrebne energije za grijanje .....	8
Tablica 7.	Potrebna toplinska energija za grijanje zgrade po mjesecima .....	9
Tablica 8.	Tehničke karakteristike odabranog solarnog kolektora .....	12
Tablica 9.	Ulazni podaci za proračun prema <i>f-Chart</i> metodi [8] .....	12
Tablica 10.	Rezultati proračuna prema <i>f-Chart</i> metodi .....	13
Tablica 11.	Potrebna toplinska energija za ventilaciju po mjesecima .....	16
Tablica 12.	Isporučena toplinska energija plinskom kondenzacijskom kotlu po mjesecima .....	17
Tablica 13.	Rezultati proračuna prve varijante sustava .....	17
Tablica 14.	Investicijski troškovi prve varijante sustava .....	18
Tablica 15.	Isporučena toplinska energija kotlu na drvenu sječku po mjesecima .....	19
Tablica 16.	Rezultati proračuna druge varijante sustava .....	20
Tablica 17.	Investicijski troškovi druge varijante sustava .....	20
Tablica 18.	Podjela sezone grijanja i pripreme PTV-a na temperaturne intervale .....	21
Tablica 19.	Potrebna električna energija za pogon dizalice topline po <i>bin</i> -ovima .....	22
Tablica 20.	Rezultati proračuna treće varijante sustava .....	22
Tablica 21.	Investicijski troškovi treće varijante sustava .....	23
Tablica 22.	Pregled pogonskih i investicijskih troškova .....	25
Tablica 23.	Preporučene brzine strujanja vode u cijevima .....	27
Tablica 24.	Proračun cjevovoda dionice kritičnog grijača krugova podnog grijanja .....	27
Tablica 25.	Rezultati proračuna kritične dionice dobavnih kanala .....	29
Tablica 26.	. Rezultati proračuna kritične dionice odsisnih kanala .....	29



## **POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE**

1. Funkcionalna shema spajanja i regulacije sustava grijanja
2. Funkcionalna shema spajanja i regulacije sustava ventilacije
3. Dispozicija kotlovnice – podrum
4. Tlocrt podruma – cijevni razvod grijanja
5. Tlocrt prizemlja – cijevni razvod grijanja
6. Tlocrt karakteristične etaže – cijevni razvod grijanja
7. Tlocrt posljednje etaže – cijevni razvod grijanja
8. Tlocrt krova – smještaj solarnih panela

## POPIS OZNAKA

Oznaka	Jedinica	Opis
$A_c$	$m^2$	- Površina solarnog kolektora
$A_k$	$m^2$	- Korisna površina zgrade
$b$	-	- Faktor dodatka zbog mrtvog prostora
$c$	$kJ/kgK$	- Sprecificni toplinski kapacitet
$\Delta p$	Pa	- Pad tlaka
$\alpha_{H, red}$	-	- Redukcijski faktor koji uzima u obzir prekide u grijanju
$f$	-	- Faktor pokrivanja
$f_{H, m}$	-	- Udio broja dana u mjesecu koji pripada sezoni grijanja
$F'_R$	-	- Parametar efikasnosti kolektora
$f_{RH}$	-	- Korekcijski faktor kojim uzima u obzir prekide u grijanju
$\phi$	-	- Faktor istovremenosti
$H_T$	$kWh/m^2$	- Energija Sunčeva zračenja
$H_{Tr}$	W/K	- Koeficijent transmisije izmjene topline proračunske zone
$H_{Ve}$	W/K	- Koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone
$\psi$	W/mK	- Linearni koeficijent prolaza topline linearnog toplinskog mosta
$k$	W/mK	- Koeficijent prolaza topline
$L$	$kWh$	- Potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV-a
$L$	m	- Duljina dionice
$N$	-	- Broj dana
$n$	-	- Broj stanova ili broj solarnih kolektora
$Q$	W	- Toplinska energija
$\Phi_H$	$W/m^2$	- Projektni toplinski učin
$\Phi_{RH}$	W	- Toplinski gubici zbog prekida grijanja
$\Phi_T$	W	- Transmisijski toplinski gubici
$\Phi_V$	W	- Ventilacijski toplinski gubici
$R$	Pa/m	- Linijski pad tlaka
$RL$	Pa	- Pad tlaka uslijed trenja
$t$	h	- Broj sati
$(\tau\alpha)$	-	- Parametar efikasnosti kolektora
$\vartheta_e$	$^{\circ}C$	- Srednja vanjska temperatura zraka
$\vartheta_i$	$^{\circ}C$	- Unutarnja projektna temperatura
$\vartheta_{Int, H}$	$^{\circ}C$	- Unutarnja postavna temperatura zone za grijanje
$\vartheta_{ref}$	$^{\circ}C$	- Referentna temperatura
$U_L$	$W/m^2K$	- Parametar efikasnosti kolektora
$V$	l	- Volumen PTV spremnika
$V_{o, p}$	$m^3/h$	- Dobava vanjskog zraka po osobi
$w$	m/s	- Brzina
$X$	-	- Bezdimenzijski parametar
$X_c$	-	- Bezdimenzijski parametar
$Y$	-	- Bezdimenzijski parametar
$Z$	Pa	- Lokalni pad tlaka
$z_A$	h	- Vrijeme zagrijavanja
$z_B$	h	- Vrijeme pogona
$\zeta$	-	- Koeficijent lokalnog otpora strujanja

## SAŽETAK

Ovim diplomskim radom izrađeno je projektno rješenje sustava grijanja, prisilne ventilacije i pripreme potrošne tople vode (PTV-a) za višestambenu zgradu s 45 stanova, smještenu na području grada Rijeke i ukupne korisne površine 2608 m<sup>2</sup>. Proračun toplinskih gubitaka zgrade proveden je prema normi HRN EN 12831, a proračun godišnje potrebne toplinske energije za grijanje prema *Algoritmu za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790*. Priprema PTV-a predviđena je u izvedbi akumulacijskog sustava sa solarnim pločastim kolektorima, te je u tu svrhu napravljen proračun solarnog zagrijavanja PTV-a prema *f-Chart* metodi.

Uspoređene su tri varijante rješenja sustava za grijanje prostora, pripremu dobavnog zraka za ventilaciju i dogrijavanje PTV-a prema metodologiji iz *Elaborata primjenjivosti alternativnih sustava opskrbe energijom*. Određivanje energijskih zahtjeva sustava grijanja prostora i pripreme PTV-a proveden je prema skupini normi HRN EN 15316, a proračun potrebne energije za ventilaciju proveden je prema normi HRN EN 15243. Prva varijanta rješenja sustava kao izvor topline koristi plinski kondenzacijski kotao, druga varijanta kao izvor topline koristi kotao na drvenu sječku, dok treća varijanta kao izvor topline koristi dizalicu topline zrak/voda. Na temelju usporedbe investicijskih i pogonskih troškova u promatranom periodu korištenja, ali i utjecaja na okoliš, kao optimalno rješenje odabran je sustav s kotlom na drvenu sječku, koje je zatim razrađeno na razini glavnog projekta.

Ključne riječi: grijanje, ventilacija, priprema PTV-a

## SUMMARY

The purpose of this study was to design a heating, ventilation and domestic hot water (DHW) system for a multi-family building with 45 flats, located in the area of city of Rijeka and with total useful surface of 2608 m<sup>2</sup>. Calculation of thermal losses of the building was carried out according to standard HRN EN 12831, while the annual heat energy required for heating was calculated according to standard HRN EN 13790. Domestic hot water system was designed as the storage system with solar collectors, for which purpose a calculation of solar DHW heating was made according to *f-Chart* method.

Three variants of the heating, ventilation and DHW system solutions were compared. Calculation of the energy requirements of the heating and DHW system was carried out according to the group of standards HRN EN 15316, while the calculation of the required energy of the ventilation system was carried out according to standard HRN EN 15243. The first variant of the system solution as a heat source uses a gas condensing boiler, another variant as a heat source uses a wood chips boiler, while the third variant as a heat source uses an air to water heat pump. Based on the comparison of investment and operating costs in the observed period of time, and the impact on the environment, the solution with wood chips boiler was selected as the optimal one, and was elaborated as the main project.

Key words: heating, ventilation, DHW preparation

# 1. UVOD

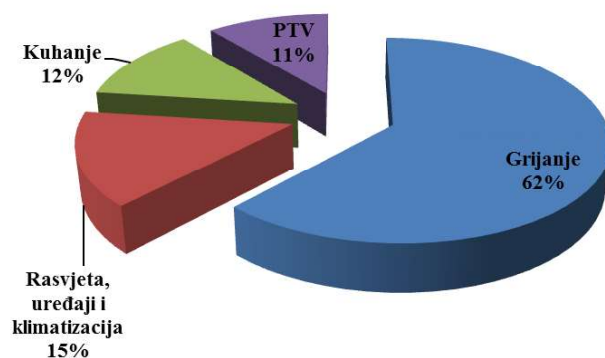
Sektor zgradarstva sudjeluje s oko 40% u ukupnoj potrošnji finalne energije, što ga u odnosu na druge sektore čini najvećim potrošačem energije [1]. Potrošnja energije u zgradi ovisi o karakteristikama zgrade, energetske sustavima koji se u njoj koriste, klimatskim uvjetima područja na kojem se nalazi, ali i o navikama korisnika.

Zgrade u Hrvatskoj većinom su građene prije 1987. godine i kao takve ne zadovoljavaju sadašnje propise o toplinskoj zaštiti. Zbog toga imaju velike toplinske gubitke, uz prosječnu potrošnju energije za grijanje od 150 do 200 kWh/m<sup>2</sup>, što ih prema *Pravilniku o energetske pregledu zgrade i energetske certificiranju* svrstava u energetske razred E. Povećana potrošnja energije često podrazumijeva i veću emisiju CO<sub>2</sub> u atmosferu.

Energetska učinkovitost u zgradama uključuje niz različitih područja mogućnosti uštede toplinske i električne energije, uz racionalnu primjenu fosilnih goriva i primjenu obnovljivih izvora energije u zgradama, gdje god je to funkcionalno izvedivo i ekonomski opravdano. Velike energetske uštede moguće je postići povećanjem toplinske zaštite zgrade, povećanjem učinkovitosti sustava grijanja, hlađenja i ventilacije, povećanjem učinkovitosti sustava rasvjete i električnih uređaja, kao i korištenjem obnovljivih izvora energije.

## 1.1. Potrošnja energije u sustavima grijanja, hlađenja i ventilacije

Sustavi grijanja, hlađenja i ventilacije čine najveće potrošače energije u zgradama. Slika 1 prikazuje strukturu potrošnje energije, gdje je vidljivo kako 62% potrošnje energije u zgradama čini grijanje [2].



Slika 1. Struktura potrošnje energije u zgradarstvu

Smanjenje potrošnje energije, osim poboljšanjem toplinsko-izolacijskih karakteristika zgrade i pravilnim korištenjem opreme, moguće je postići zamjenom postojeće opreme i izvora energije, te primjenom napredne regulacije sustava.

### ***Zamjena postojeće opreme i izvora energije***

Na potrošnju energije u zgradi uvelike utječe učinkovitost korištene opreme. Pri odabiru nove opreme potrebno je voditi računa o kupnji što energetski učinkovitije opreme, pa je tako npr. prilikom kupnje klima uređaja osim faktora grijanja ili hlađenja potrebno paziti i na pripadajući energetski razred. Stare kotlove korisno je zamijeniti npr. niskotemperaturnim ili kondenzacijskim kotlovima koji su energetski vrlo učinkoviti. Ugradnjom novog plinskog kondenzacijskog kotla (slika 2) postižu se uštede od 10 do 15% u odnosu na druge nove kotlove i do 25% u odnosu na kotlove starije od 30 godina [2].



**Slika 2.** Plinski kondenzacijski kotao [3]

Zamjenu izvora energije treba razmatrati kao moguću mjeru za ostvarenje ušteda u troškovima pogona i eventualno smanjenje emisija CO<sub>2</sub>. Tako se primjerice, ugradnjom kotla na drvenu sječku (slika 3), koja predstavlja vrlo jeftini energent, postižu znatno niži pogonski troškovi, a također se smanjuje i štetan utjecaj na okoliš.



**Slika 3.** Kotao na drvenu sječku [4]

### ***Regulacija sustava***

Kroz svoju ulogu ostvarivanja željenih parametara u prostorijama (npr. temperature i vlažnosti zraka), sustavi regulacije ostvaruju i smanjenje potrošnje energije, te je npr. primjenom termostatskih ventila (slika 4) moguće ostvariti uštede do 15% u grijanju [5]. Također je od velikog značaja za energetske učinkovitost balansiranje mreže čime se omogućuje pravilna distribucija ogrjevnog medija i sprječava pregrijavanje pojedinih prostorija.



**Slika 4.** Termostatski ventil [2]

## 2. VARIJANTE SUSTAVA

U ovom radu, potrebno je projektirati sustav grijanja i prisilne ventilacije za višestambenu zgradu. Ponudene su tri varijante rješenja sustava koje je potrebno usporediti na temelju investicijskih i pogonskih troškova. Odabrano rješenje sustava je zatim razrađeno na razini glavnog projekta.

Prvu varijantu sustava čine:

- plinski kondenzacijski kotao koji služi za grijanje prostorija uz dogrijavanje potrošne tople vode (PTV-a) ukoliko solarni pločasti kolektori nisu u mogućnosti isporučiti dovoljno toplinske energije,
- solarni pločasti kolektori koji služe za zagrijavanje PTV-a,
- sustav prisilne ventilacije koji održava kvalitetu zraka.

Drugu varijantu sustava čine:

- kotao na drvnu sječku koji služi za grijanje prostorija uz dogrijavanje PTV-a ukoliko solarni pločasti kolektori nisu u mogućnosti isporučiti dovoljno toplinske energije,
- solarni pločasti kolektori koji služe za zagrijavanje PTV-a,
- sustav prisilne ventilacije koji održava kvalitetu zraka.

Treću varijantu sustava čine:

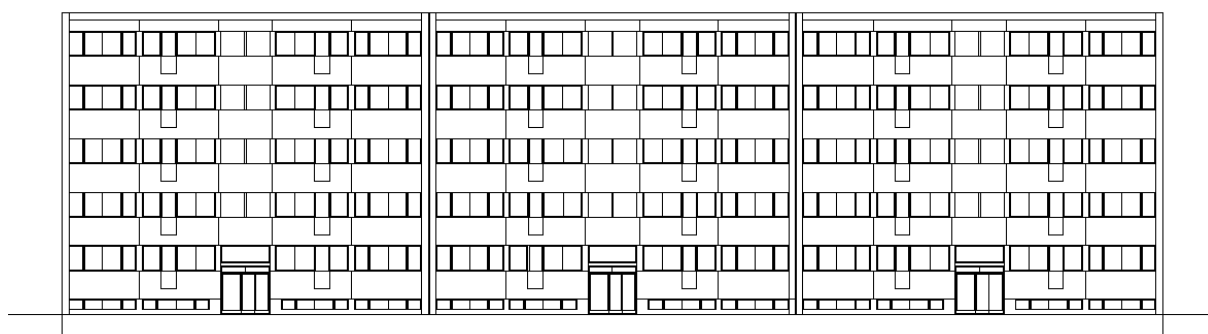
- dizalica topline zrak/voda koja služi za grijanje prostorija uz dogrijavanje PTV-a ukoliko solarni pločasti kolektori nisu u mogućnosti isporučiti dovoljno toplinske energije,
- solarni pločasti kolektori koji služe za zagrijavanje PTV-a,
- sustav prisilne ventilacije koji održava kvalitetu zraka.



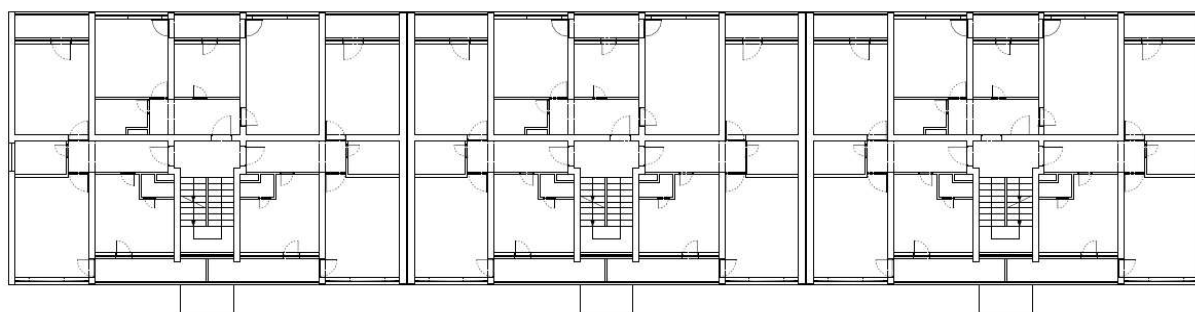
### 3. OPIS ZGRADE

Promatrana višestambena zgrada (45 stanova) nalazi se na području grada Rijeke, a sastoji se od negrijanog podruma i pet grijanih etaža (prizemlja i četiri kata), ukupne grijane površine 2608 m<sup>2</sup>. Zgradu čine tri dilatacije te je pravokutnog oblika, pri čemu joj duljina iznosi 58,5 m, širina 13,35 m, a visina 16 m od razine tla, s tim da je podrum djelomično ukopan u zemlju na dubinu od 1,2 m. Zgradu čine dva tipska stana, jedan površine 59,8 m<sup>2</sup> (30 stanova) i drugi površine 54,2 m<sup>2</sup> (15 stanova). Svaki stan sastoji se od dnevne sobe, spavaće sobe, kuhinje i blagovaonice, kupaonice, hodnika i izbe.

Slike 5 i 6 daju prikaz zapadnog pročelja i tlocrta 1. kata promatrane zgrade.



**Slika 5.** Zapadno pročelje promatrane zgrade



**Slika 6.** Tlocrt 1. kata promatrane zgrade

## 4. PROJEKTNI TOPLINSKI GUBICI

Proračun toplinskih gubitaka prema normi HRN EN 12831, napravljen u programskom alatu *IntegraCAD*, proveden je za grad Rijeku [6]. Vanjska projektna temperatura iznosi  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , dok su unutarnje projektne temperature, odabrane zavisno o namjeni prostora, prikazane u sljedećoj tablici.

**Tablica 1.** Unutarnje projektne temperature prostorija

Prostorija	Unutarnja projektna temperatura
Dnevna soba, spavaća soba i kuhinja	$20\text{ }^{\circ}\text{C}$
Kupaonica	$24\text{ }^{\circ}\text{C}$
Hodnici i pomoćne grijane prostorije	$15\text{ }^{\circ}\text{C}$

Koeficijenti prolaza topline ( $k$ ) prikazani su sljedećom tablicom. Toplinski mostovi prema vanjskom okolišu su računati pomoću linearnog koeficijenta prolaza topline linearnog toplinskog mosta ( $\psi$ ) s iznosom  $0,08\text{ W/mK}$  za vanjske zidove i s  $0,12\text{ W/mK}$  za prozore i balkonska vrata.

**Tablica 2.** Koeficijenti prolaza topline

Građevinski element	$k, \text{ W/m}^2\text{K}$
Vanjski zidovi	0,2
Unutarnji zidovi prema negrijanim prostorijama	0,5
Unutarnji zidovi prema grijanim prostorijama	0,8
Prozori i balkonska vrata	1,0
Unutarnja vrata	2,0
Podovi prema negrijanom podrumu	0,5
Ravni krov iznad grijanog prostora	0,2

Minimalan broj izmjena zraka po satu je za sve prostorije definiran s  $0,5\text{ h}^{-1}$ . Zgrada je opremljena s ventilacijskim sustavom s povratom topline, pretpostavljene iskoristivosti 80%, kojim se dobavlja zrak u dnevne i spavaće sobe s količinom od  $35\text{ m}^3/\text{h}$  po osobi. Toplinski gubici zbog noćnog prekida grijanja od maksimalno 8 sati računati su pomoću korekcijskog faktora  $f_{RH}$  s iznosom  $4\text{ W/m}^2$ , za vrijeme zagrijavanja zgrade od 3 sata i pretpostavljeni pad temperature za vrijeme prekida od  $1\text{ K}$ .

Rezultati proračuna za dva tipska stana promatrane višestambene zgrade prikazani su u sljedećim tablicama, dok su rezultati za sve stanove dani u prilogu I.

**Tablica 3.** Toplinski gubici prostorija za veći stan (59,8 m<sup>2</sup>)

<b>Prostorija</b>	<b><math>\vartheta_i</math>, °C</b>	<b><math>\Phi_H</math>, W</b>	<b><math>\Phi_T</math>, W</b>	<b><math>\Phi_V</math>, W</b>	<b><math>\Phi_{RH}</math>, W</b>
Hodnik	15	144	65	79	0
Kuhinja i blagovaonica	20	590	377	162	51
Izba	15	27	12	15	0
Dnevna soba	20	887	592	224	71
Kupaona	24	292	217	59	16
Soba	20	719	453	202	64
<b>UKUPNO</b>		<b>2659</b>	<b>1716</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**Tablica 4.** Toplinski gubici prostorija za manji stan (54,2 m<sup>2</sup>)

<b>Prostorija</b>	<b><math>\vartheta_i</math>, °C</b>	<b><math>\Phi_H</math>, W</b>	<b><math>\Phi_T</math>, W</b>	<b><math>\Phi_V</math>, W</b>	<b><math>\Phi_{RH}</math>, W</b>
Hodnik	15	161	83	78	0
Kuhinja i blagovaonica	20	437	296	108	33
Dnevna soba	20	865	519	265	81
Kupaona	24	156	82	58	16
Soba	20	653	423	175	55
<b>UKUPNO</b>		<b>2272</b>	<b>1403</b>	<b>684</b>	<b>185</b>

Oznake u gornjim tablicama:  $\vartheta_i$  – unutarnja projektna temperatura (°C),  $\Phi_T$  – transmisijski toplinski gubici (W),  $\Phi_V$  – ventilacijski toplinski gubici (W),  $\Phi_{RH}$  – toplinski gubici zbog prekida grijanja (W),  $\Phi_H$  – ukupni projektni toplinski gubici (W)

Ukupni projektni toplinski gubici zgrade iznose  $\Phi_H = 98,8$  kW.

## 5. GODIŠNJA POTREBNA ENERGIJA ZA GRIJANJE

Proračun godišnje potrebne energije za grijanje provoden je prema *Algoritmu za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790*, a korištena je mjesečna metoda [7]. Ulazni podaci za proračun za referentnu meteorološku postaju Rijeka dani su u sljedećoj tablici.

**Tablica 5.** Ulazni podaci za proračun godišnje potrebne energije za grijanje [8]

Mjesec	Broj dana	Broj sati (h)	Srednja vanjska temperatura (°C)
Siječanj	31	744	5,9
Veljača	28	672	6,3
Ožujak	31	744	9,2
Travanj	30	720	12,9
Svibanj	31	744	17,9
Lipanj	30	720	21,6
Srpanj	31	744	24,3
Kolovoz	31	744	24,1
Rujan	30	720	18,9
Listopad	31	744	14,7
Studen	30	720	10,4
Prosinac	31	744	6,8

Za proračun su također potrebni podaci površina pojedinih građevnih dijelova zgrade i njihovih koeficijenata prolaza topline, prosječna dozračena energija Sunčeva zračenja na površinu pojedinog građevnog dijela za promatrani period, kao i podaci koji su dani sljedećom tablicom. Cijela zgrada tretirana je kao jedna proračunska zona.

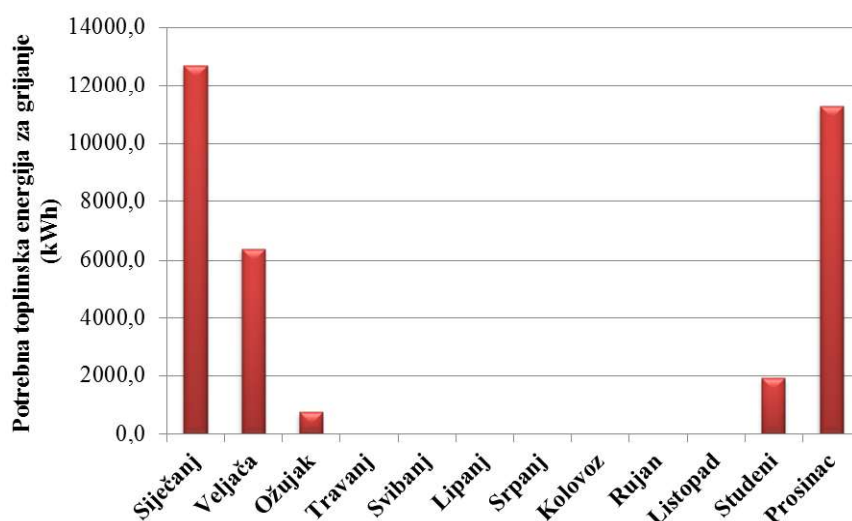
**Tablica 6.** Ostali potrebni podaci za proračun godišnje potrebne energije za grijanje

Unutarnja postavna temperatura zone za grijanje, $\vartheta_{\text{Int, H}}$	20 °C
Koeficijent transmisije izmjene topline proračunske zone, $H_{\text{Tr}}$	2055 W/K
Koeficijent ventilacijske izmjene topline proračunske zone, $H_{\text{Ve}}$	1160 W/K
Korisna površina zgrade, $A_k$	2608 m <sup>2</sup>
Specifični unutarnji dobitak, $q_{\text{Spec}}$	5 W/m <sup>2</sup>

Proračun je proveden za stambenu zgradu za koju se pretpostavlja da sustav grijanja radi 7 dana u tjednu po 17 sati (od 06:00 do 23:00 sata), pri izračunu godišnje potrebne toplinske energije za grijanje potrebno je uzeti u obzir redukcijski faktor koji uzima u obzir prekide u grijanju u pojedinom mjesecu ( $\alpha_{\text{H, red}}$ ), a koji se računa pomoću faktora  $f_{\text{H, hr}}$  koji za promatranu stambenu zgradu iznosi 0,708.

Također je pri izračunu godišnje potrebne toplinske energije za grijanje potrebno uzeti u obzir i broj dana grijanja u mjesecu koji se određuje pomoću faktora  $f_{H, m}$ , a koji predstavlja udio broja dana u mjesecu koji pripada sezoni grijanja.

Mjesečne vrijednosti potrebne toplinske energije za grijanje predmetne zgrade prikazane su sljedećom slikom i tablicom.



**Slika 7.** Potrebna toplinska energija za grijanje zgrade po mjesecima

**Tablica 7.** Potrebna toplinska energija za grijanje zgrade po mjesecima

Mjesec	Potrebna toplinska energija za grijanje po mjesecima, kWh/mj
Siječanj	12697,7
Veljača	6392,4
Ožujak	743,9
Travanj	0,0
Svibanj	0,0
Lipanj	0,0
Srpanj	0,0
Kolovoz	0,0
Rujan	0,0
Listopad	0,0
Studeni	1923,5
Prosinac	11285,8
<b>UKUPNO</b>	<b>33043,30 kWh/a</b>

Ukupna potrebna toplinska energija za grijanje iznosi 33043,30 kWh (12,7 kWh/m<sup>2</sup>). Prema *Pravilniku o energetsom pregledu zgrade i energetsom certificiranju*, ova zgrada svrstava se u energetske razred A+.

## 6. VENTILACIJA ZGRADE

Za ventilaciju zgrade predviđen je sustav prisilne ventilacije koji održava kvalitetu zraka, a izveden je tako da omogućuje povrat dijela topline sadržane u istrošenom zraku. Iako korištenje sustava prisilne ventilacije podrazumijeva visoke investicijske troškove, ipak predstavlja najbolje rješenje za održavanje toplinske ugodnosti. Naime, moderni prozori i vrata jako dobro brtve zbog čega je infiltracija vanjskog zraka relativno niska, a otvaranje prozora, osim što prvenstveno uzrokuje velike toplinske gubitke, narušava toplinsku ugodnost, tj. uzrokuje nejednoliku raspodjelu temperature zraka, a također povećava brzinu strujanja zraka u prostoriji.

Sustavom ventilacije zrak se dovodi u sobe, a odvodi iz kuhinja i kupaonica. Odabrana dobava vanjskog zraka po osobi iznosi  $V_{o,p} = 35 \text{ m}^3/\text{h}$ , a maksimalno očekivani broj ljudi u jednoj prostoriji je 3. Kako svaki od 45 stanova ima po jednu dnevnu i spavaću sobu, potrebna količina vanjskog zraka po stanu iznosi  $210 \text{ m}^3/\text{h}$  ( $105 \text{ m}^3/\text{h}$  po sobi), dok potrebna količina vanjskog zraka za cijelu zgradu iznosi  $V = 9450 \text{ m}^3/\text{h}$ . Temperatura ubacivanog zraka u sezoni grijanja jednaka je temperaturi zraka u prostoriji, tj.  $\vartheta = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Predviđena je ugradnja klima komore s pločastim rekuperatorom. Ulazni parametri za odabir pločastog rekuperatora i snage grijača su potrebna količina dobavnog zraka ( $9450 \text{ m}^3/\text{h}$ ), temperatura ubacivanog zraka ( $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), vanjska projektna temperatura zraka ( $-8 \text{ }^\circ\text{C}$ ) i pretpostavljeni stupanj povrata topline (80%). Prema tome, odabrana je klima komora za vanjsku ugradnju *ProkPAKT CPL 10000* proizvođača *Proklima*, sa stupnjem povrata topline  $\eta = 91,2\%$  i toplovodnim grijačem zraka toplinske snage  $\Phi_G = 20 \text{ kW}$ .

## 7. ZAGRIJAVANJE POTROŠNE TOPLE VODE

U promatranoj stambenoj zgradi predviđen je akumulacijski sustav pripreme PTV-a sa solarnim pločastim kolektorima, uz dogrijavanje pomoćnim grijačem. U stambenoj zgradi maksimalna potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV-a uglavnom je određena na osnovu broja kada ili tuševa, dok se ostale potrebe za PTV-om, npr. za kuhinjske svrhe i umivanje, mogu zanemariti [9].

Uz faktor istovremenosti koji za  $n = 45$  stanova iznosi  $\varphi = 0,32$  i uz pretpostavku da se u stanovima koriste tuševi, pri potrošnji vode od 50 l po jednom tuširanju i dva tuširanja po satu, maksimalna potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV-a iznosi:

$$\Phi = 4,2 \cdot \varphi \cdot n = 60,5 \text{ kW}$$

Za vrijeme zagrijavanja  $z_A = 2$  sata i vrijeme pogona  $z_B = 2$  sata, potrebna snaga grijača PTV-a iznosi:

$$\Phi_G = \frac{\Phi \cdot z_B}{z_A + z_B} = 30,25 \text{ kW}$$

Uz pretpostavku slojevitog zagrijavanja, tj. razlike srednje najviše temperature vode i dozvoljene najniže temperature vode u spremniku  $\Delta t = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ , te uz faktor dodatka zbog mrtvog prostora ispod grijanje površine  $b = 1,1$  i specifičnog toplinskog kapaciteta vode  $c = 4,2 \text{ kJ/kgK}$ , potreban volumen spremnika PTV-a iznosi:

$$V = 3600 \cdot \frac{Q}{c \cdot \Delta t} \cdot b = 1140 \text{ l}$$

Na temelju gornjeg izračuna odabran je spremnik PTV-a *allSTOR exclusive VPS 1500/3-7* proizvođača *Vaillant* volumena  $V = 1505 \text{ l}$ .

### 7.1. Proračun solarnog zagrijavanja PTV-a

Proračun solarnog zagrijavanja PTV-a proveden je prema *f-Chart* metodi [10]. Metoda se zasniva na računanju stupnja pokrivanja  $f$  koji predstavlja omjer dobivene energije solarnog sustava i potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a u proračunskom periodu. Budući da se stupanj pokrivanja  $f$  mijenja tokom svih dvanaest mjeseci, potrebna je optimizacija sustava variranjem broja kolektora, tj. ukupne korisne površine kolektora.

Za proračun je odabran pločasti solarni kolektor *auroTHERM plus VFK 140/2 VD* tvrtke *Vaillant*, a njegove tehničke karakteristike navedene su u tablici koja slijedi.

**Tablica 8.** Tehničke karakteristike odabranog solarnog kolektora

Površina kolektora, $A_c$		2,35 m <sup>2</sup>
Parametri efikasnosti kolektora	$U_L$	3,25 W/m <sup>2</sup> K
	$(\tau\alpha)$	0,83
	$F'_R$	0,98

Od ulaznih podataka potrebni su također i podaci o prosječnoj mjesečnoj vanjskoj temperaturi zraka i prosječnoj dozračenoj energiji Sunčeva zračenja za svaki mjesec (grad Rijeka). Osim toga, potrebno je znati kolika je mjesečno potrebna toplinska energija za zagrijavanje PTV-a, koja je izračunata prema normi HRN EN 15316-3-1 [11]. Navedeni podaci prikazani su sljedećom tablicom. Energija Sunčeva zračenja uzeta je za južnu orijentaciju i nagib od 45°.

**Tablica 9.** Ulazni podaci za proračun prema *f-Chart* metodi [8]

Mjesec	Broj dana, $N$	Broj sati, $t$ (h)	Srednja vanjska temperatura, $\vartheta_e$ (°C)	Energija Sunčeva zračenja, $H_T$ (kWh/m <sup>2</sup> )	Potrebna toplinska energija, $L$ (kWh)
Siječanj	31	744	5,9	67,3	3522,3
Veljača	28	672	6,3	96,5	3181,4
Ožujak	31	744	9,2	122,1	3522,3
Travanj	30	720	12,9	139,6	3408,7
Svibanj	31	744	17,9	157,4	3522,3
Lipanj	30	720	21,6	157,4	3408,7
Srpanj	31	744	24,3	172,1	3522,3
Kolovoz	31	744	24,1	158,2	3522,3
Rujan	30	720	18,9	140,4	3408,7
Listopad	31	744	14,7	122,6	3522,3
Studen	30	720	10,4	69,5	3408,7
Prosinac	31	744	6,8	59,5	3522,3

Stupanj pokrivanja  $f$  računa se iz bezdimenzijskih parametara  $X$  i  $Y$ , koji se dobivaju iz ulaznih podataka:

$$X = \frac{A_c F'_R U_L (\vartheta_{ref} - \vartheta_e) t}{L}$$

$$Y = \frac{A_c F'_R (\tau\alpha) H_T N}{L}$$

*f-Chart* metoda je razvijena s pretpostavkom da je spremnik PTV-a kapaciteta 75 l/m<sup>2</sup> solarnih kolektora. Stvarni kapacitet spremnika se ovisno o odabranom broju solarnih kolektora, tj. njihove ukupne korisne površine, može razlikovati, zbog čega je potrebno je izvršiti korekciju bezdimenzijskog parametra  $X$  prema sljedećem izrazu:

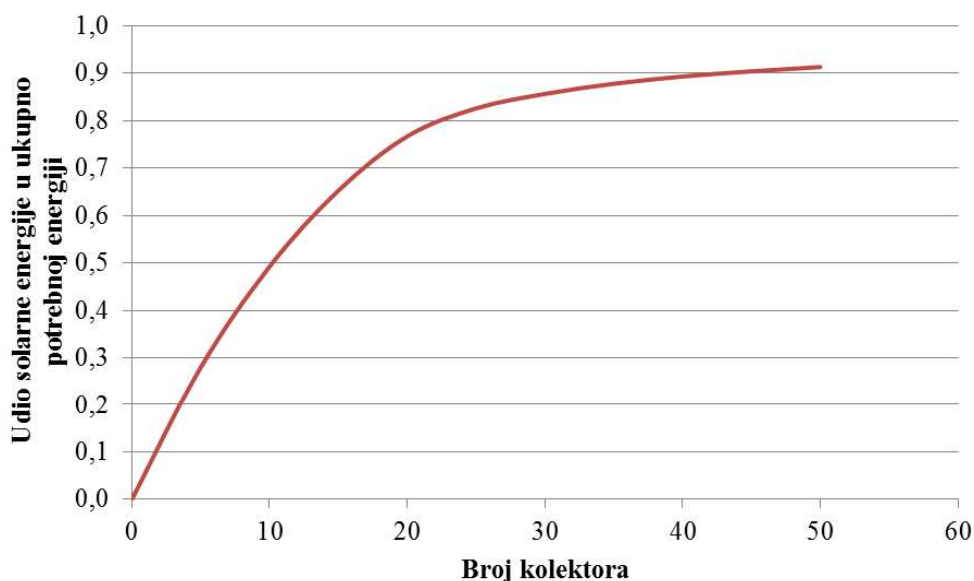
$$\frac{X_c}{X} = \left( \frac{\text{Stvarni kapacitet spremnika}}{\text{Standardni kapacitet spremnika}} \right)^{-0,25}$$



Stupanj pokrivanja  $f$  se poznavanjem bezdimenzijskih parametara  $X$  (tj. korekcije  $X_c$ ) i  $Y$  računa prema sljedećem izrazu:

$$f = 1,029Y - 0,065X - 0,245Y^2 + 0,0018X^2 + 0,0215Y^3$$

Variranjem broja kolektora, tj. njihovih površina, dobivaju se različiti konačni rezultati. Ovisnost omjera dobivene solarne energije i potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a o broju solarnih kolektora prikazana je sljedećom slikom.



**Slika 8.** Ovisnost omjera godišnje dobivene solarne energije i potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a o broju solarnih kolektora

Odabrani broj solarnih kolektora je  $n = 18$ , čime se dobiva ukupna korisna površina solarnih kolektora u iznosu od  $A = 42,3 \text{ m}^2$ . S tim brojem solarnih kolektora, godišnji udio solarne energije u potrebnoj toplinskoj energiji za zagrijavanje PTV-a iznosi 0,73. Daljnje povećavanje broja solarnih kolektora nema značajan utjecaj na dobivenu energiju, ali zato ima veliki utjecaj na povećanje investicije.

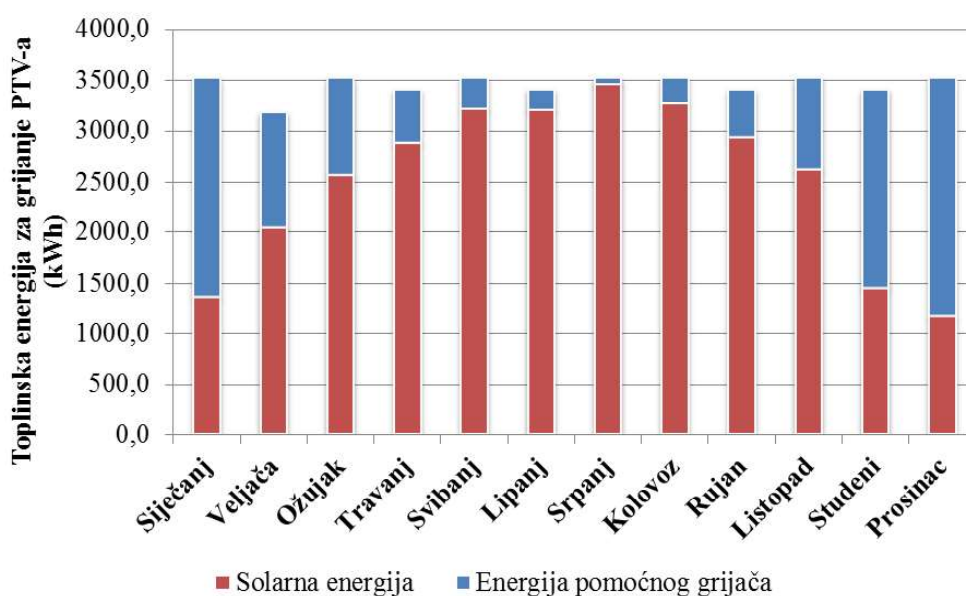
Sljedeća tablica prikazuje konačne rezultate proračuna.

**Tablica 10.** Rezultati proračuna prema  $f$ -Chart metodi

Mjesec	$X$	$X_c$	$Y$	$f$	Dobivena solarne energija, $fL$ (kWh)
Siječanj	2,678	3,227	0,657	0,386	1358,1
Veljača	2,666	3,213	1,043	0,641	2039,5
Ožujak	2,584	3,114	1,192	0,730	2571,5
Travanj	2,479	2,987	1,409	0,845	2881,8
Svibanj	2,336	2,815	1,537	0,912	3213,0
Lipanj	2,231	2,688	1,588	0,941	3206,7

Srpanj	2,154	2,596	1,681	0,983	3462,4
Kolovoz	2,160	2,603	1,545	0,927	3266,7
Rujan	2,308	2,781	1,417	0,861	2933,4
Listopad	2,427	2,925	1,198	0,743	2617,7
Studen	2,550	3,072	0,702	0,426	1452,3
Prosinac	2,652	3,196	0,581	0,330	1162,9

Slika 9 prikazuje udio solarne energije u pokrivanju potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a po mjesecima. Vidljivo je kako solarni sustav (crveno), osim u siječnju, veljači, studenom i prosincu, vrlo dobro ili gotovo u potpunosti pokriva potrebe za toplinskom energijom za zagrijavanje PTV-a. Ostatak potrebne toplinske energije pokriva pomoćni grijač (plavo), koji je izveden ovisno o odabranoj varijanti rješenja sustava grijanja.



**Slika 9.** Udio solarne energije u pokrivanju potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a po mjesecima

## 8. TEHNOEKONOMSKA ANALIZA

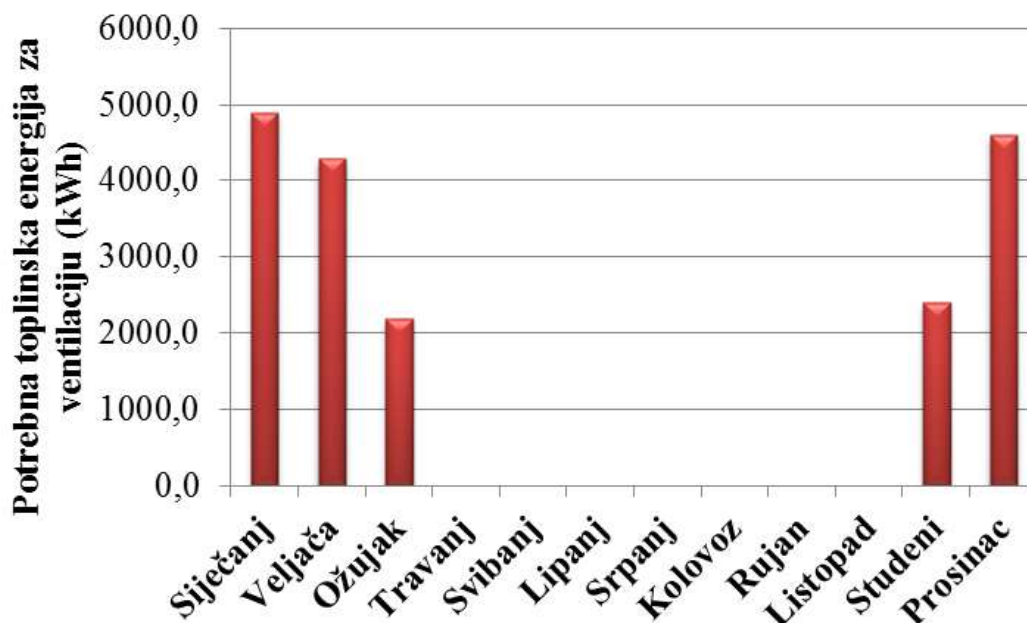
U ovom poglavlju provedena je usporedba triju varijanti rješenja sustava grijanja i ventilacije na temelju investicijskih i pogonskih troškova. Određivanje energijskih zahtjeva sustava grijanja prostora i pripreme PTV-a proveden je na mjesečnoj razini prema skupini normi HRN EN 15316 [11], a proračun potrebne energije za ventilaciju proveden je na mjesečnoj razini prema normi HRN EN 15243 [12]. Obje metode proračuna temelje se na određivanju toplinskih gubitaka i energije za pogon pomoćnih uređaja u podsustavu predaje toplinske energije u prostor, podsustavu razvoda i podsustavu proizvodnje toplinske energije. Proračuni se provode u svrhu određivanja energetske tokova u zgradi kako bi se izračunala isporučena i primarna energija zgrade za zadanu korisnu toplinsku energiju koju je potrebno predati zgradi, određenu prema normi HRN EN 13790.

Investicijski troškovi određeni su sastavljanjem troškovnika potrebne opreme i montaže.

### 8.1. Određivanje potrebne energije za ventilaciju

Sustav ventilacije isti je za sve tri varijante sustava. Podaci o potrebnoj količini dobavnog zraka, karakteristikama pločastog rekuperatora i grijača, kao i traženoj temperaturi ubacivanja zraka u prostor već su određeni u poglavlju 6. Proračun je proveden, kako je već navedeno, prema normi HRN EN 15243. Ulazni klimatski podaci za proračun su podaci o relativnoj vlažnosti i prosječnoj vanjskoj temperaturi zraka za svaki mjesec u godini.

Odabran je sustav s pločastim rekuperatorom toplinske energije i grijačem dobavnog zraka, tj. shema 7 iz *Algoritma za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade*. Pošto se ventilacija ne koristi za pokrivanje toplinskih gubitaka, zanemarena je veličina  $\Delta h_{opt}$ , tj. potrebna razlika entalpija uslijed toplinskih gubitaka. Sljedeća slika i tablica prikazuju mjesečno potrebnu toplinsku energiju za zagrijavanje zraka u sustavu mehaničke ventilacije.



**Slika 10.** Potrebna toplinska energija za ventilaciju po mjesecima

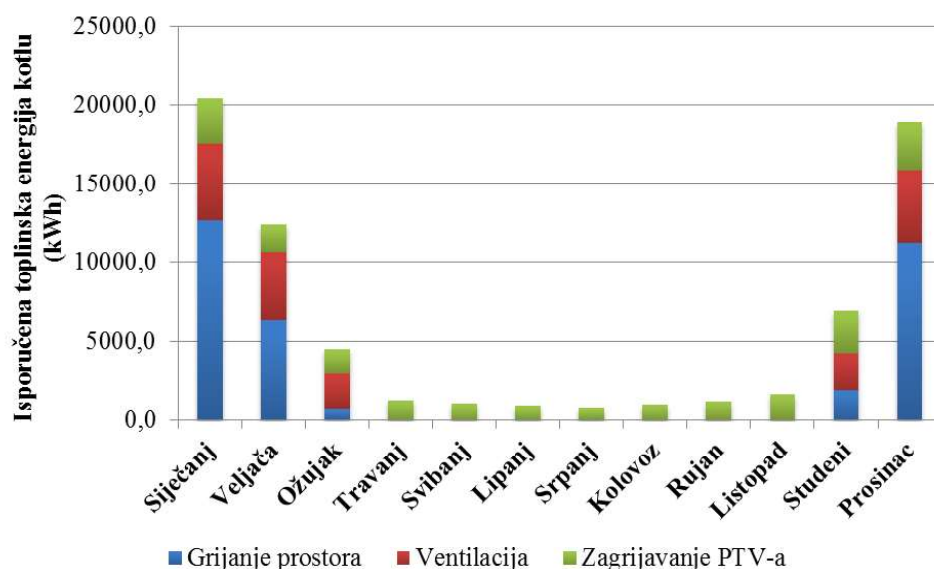
**Tablica 11.** Potrebna toplinska energija za ventilaciju po mjesecima

Mjesec	Potrebna toplinska energija za ventilaciju po mjesecima, kWh/mj
Siječanj	4935,8
Veljača	4323,7
Ožujak	2205,2
Travanj	0,0
Svibanj	0,0
Lipanj	0,0
Srpanj	0,0
Kolovoz	0,0
Rujan	0,0
Listopad	0,0
Studeni	2420,7
Prosinac	4630,5
<b>UKUPNO</b>	<b>18515,9 kWh/a</b>

## 8.2. Prva varijanta rješenja sustava

U prvoj se varijanti rješenja sustava za grijanje prostora, pripremu dobavnog zraka za ventilaciju i dogrijavanje PTV-a koristi plinski kondenzacijski kotao.

Na sljedećoj slici i tablici prikazane su mjesečne vrijednosti toplinske energije koju je potrebno isporučiti plinskom kondenzacijskom kotlu za grijanje prostora, pripremu dobavnog zraka za ventilaciju i dogrijavanje PTV-a.



**Slika 11.** Isporučena toplinska energija plinskom kondenzacijskom kotlu po mjesecima

**Tablica 12.** Isporučena toplinska energija plinskom kondenzacijskom kotlu po mjesecima

Mjesec	Grijanje prostora, kWh/mj	Grijanje dobavnog zraka za ventilaciju, kWh/mj	Zagrijavanje PTV-a, kWh/mj
Siječanj	12632,5	4935,8	2842,8
Veljača	6343,1	4323,7	1767,0
Ožujak	715,2	2205,2	1647,6
Travanj	0	0	1207,1
Svibanj	0	0	1015,7
Lipanj	0	0	887,1
Srpanj	0	0	770,0
Kolovoz	0	0	962,9
Rujan	0	0	1156,2
Listopad	0	0	1602,1
Studeni	1884,3	2420,7	2615,2
Prosinac	11221,0	4630,5	3035,0
<b>UKUPNO</b>	<b>32796,0 kWh/a</b>	<b>18515,9 kWh/a</b>	<b>19508,6 kWh/a</b>

Ukupno isporučena toplinska energija plinskom kondenzacijskom kotlu iznosi  $Q_{HW, gen, in} = 70820,5$  kWh godišnje.

Tablica 13 prikazuje rezultate proračuna isporučene i primarne energije, kao i godišnje emisije CO<sub>2</sub>. Pomoćne uređaje čine pumpe i ventilatori.

**Tablica 13.** Rezultati proračuna prve varijante sustava

<b>Ukupno godišnja isporučena energija kotlu i pomoćnim uređajima, <math>E_{del}</math></b>	82248,2 kWh
<b>Godišnja primarna energija, <math>E_{prim}</math></b>	86569,1 kWh
<b>Emisija CO<sub>2</sub></b>	18326,9 kg

Godišnja primarna energija izračunata je pomoću faktora primarne energije  $f_p = 1,095$  za prirodni plin i  $f_{p, el} = 0,798$  za električnu energiju. Emisija CO<sub>2</sub> izračunata je pomoću faktora  $C_p = 0,22$  kg/kWh za prirodni plin i  $C_{p, el} = 0,235$  kg/kWh za električnu energiju.

Za cijenu plina od 0,3461 kn/kWh i cijenu električne energije od 0,4938 kn/kWh, pogonski troškovi iznose 30.153,98 kn godišnje. Od ukupnog iznosa, pogonski troškovi za prirodni plin iznose 24.510,98 kn, a ostatak od 5.643,00 kn troši se na električnu energiju.

Investicijski troškovi prikazani su sljedećom tablicom.

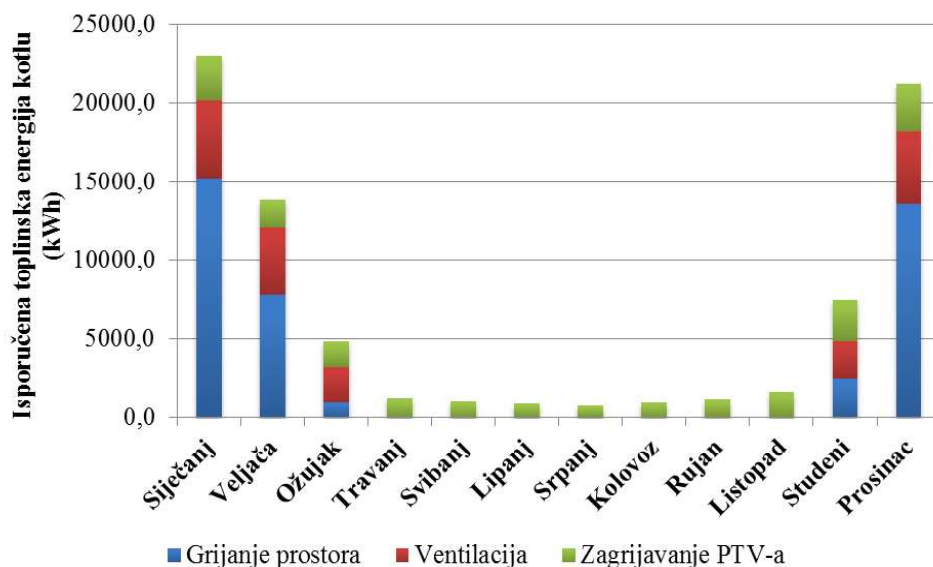
**Tablica 14.** Investicijski troškovi prve varijante sustava

Opis	Jedinična cijena	Količina	Ukupna cijena
<b>Plinski kondenzacijski kotao</b> Vaillant ecoCRAFT exclusive VKK 1606/3-E	68.580,00 kn	1	68.580,00 kn
<b>Zrakovodni/dimovodni sustav</b>	1.440,00 kn	18,5 m	1.440,00 kn
<b>Kotlovski razdjelnik</b> za 4 kruga grijanja	1.440,00 kn	1	1.440,00 kn
<b>Razdjelnik s razdjelnim ormarićem</b> za 4 kruga grijanja	764,50 kn	45	34.402,50 kn
<b>Razvod sustava grijanja</b> bakrene cijevi	68,80 kn	378 m	26.010,00 kn
<b>Cijevi za podno grijanje</b> PE-RT	4,58 kn	8600 m	39.388,00 kn
<b>Pumpa kruga podnog grijanja</b> Grundfos MAGNA 32–100	4.815,00 kn	3	14.445,00 kn
<b>Solarni pločasti kolektor</b> Vaillant auroTHERM plus VFK 140/2 VD	3.830,00 kn	18	68.940,00 kn
<b>Spremnik PTV-a</b> Vaillant allSTOR exclusive VPS 1500/3-7	18.650,00 kn	1	18.650,00 kn
<b>Regulator</b> Vaillant calorMATIC 630/3	3.590,00 kn	1	3.590,00 kn
<b>Troputni miješajući ventil</b> Siemens VXG44.25-10	1.496,00 kn	3	4.488,00 kn
<b>Kalorimetar</b> Siemens WSM5	1.060,00 kn	45	47.700,00 kn
<b>Klima komora</b> Proklima ProkPAKT	141.000,00 kn	1	141.000,00 kn
<b>Spiro ventilacijski kanali</b>	44,65 kn	1414 m	63.140,00 kn
<b>Stropni distributeri</b> Klimaoprema DEV-O (s priključnim kutijama UPK2)	405,00 kn	90	36.450,00 kn
<b>Odsisne rešetke</b> Klimaoprema OAB	110,00 kn	90	9.900,00 kn
<b>Montaža navedene opreme</b>	144.890,60 kn		
<b>UKUPNO bez PDV-a</b>	<b>724.452,10 kn</b>		
<b>UKUPNO s PDV-om</b>	<b>905.565,40 kn</b>		

### 8.3. Druga varijanta rješenja sustava

U drugoj se varijanti rješenja sustava za grijanje prostora, pripremu dobavnog zraka za ventilaciju i dogrijavanje PTV-a koristi kotao na drvenu sječku.

Na sljedećoj slici i tablici prikazane su mjesečne vrijednosti toplinske energije koju je potrebno isporučiti kotlu na drvnu sječku za grijanje prostora, pripremu dobavnog zraka za ventilaciju i dogrijavanje PTV-a.



**Slika 12.** Isporučena toplinska energija kotlu na drvnu sječku po mjesecima

**Tablica 15.** Isporučena toplinska energija kotlu na drvnu sječku po mjesecima

Mjesec	Grijanje prostora, kWh/mj	Grijanje dobavnog zraka za ventilaciju, kWh/mj	Zagrijavanje PTV-a, kWh/mj
Siječanj	15209,3	4935,8	2842,8
Veljača	7773,9	4323,7	1767,0
Ožujak	978,8	2205,2	1647,6
Travanj	0	0	1207,1
Svibanj	0	0	1015,7
Lipanj	0	0	887,1
Srpanj	0	0	770,0
Kolovoz	0	0	962,9
Rujan	0	0	1156,2
Listopad	0	0	1602,1
Studeni	2541,7	2420,7	2615,2
Prosinac	13548,2	4630,5	3035,0
<b>UKUPNO</b>	<b>39962,0 kWh/a</b>	<b>18515,9 kWh/a</b>	<b>19508,6 kWh/a</b>

Ukupno isporučena toplinska energija kotlu na drvnu sječku iznosi  $Q_{HW, gen, in} = 77986,5$  kWh godišnje.

Tablica 16 prikazuje rezultate proračuna isporučene i primarne energije, kao i godišnje emisije CO<sub>2</sub>. Pomoćne uređaje čine pumpe i ventilatori.

**Tablica 16.** Rezultati proračuna druge varijante sustava

<b>Ukupno godišnja isporučena energija kotlu i pomoćnim uređajima, <math>E_{del}</math></b>	89430,7 kWh
<b>Godišnja primarna energija, <math>E_{prim}</math></b>	21043,6 kWh
<b>Emisija CO<sub>2</sub></b>	5935,7 kg

Godišnja primarna energija izračunata je pomoću faktora primarne energije  $f_p = 0,154$  za drvenu sječku i  $f_{p, el} = 0,798$  za električnu energiju. Emisija CO<sub>2</sub> izračunata je pomoću faktora  $C_p = 0,042$  kg/kWh za drvenu sječku i  $C_{p, el} = 0,235$  kg/kWh za električnu energiju.

Za cijenu drvene sječke od 0,1615 kn/kWh i cijenu električne energije od 0,4938 kn/kWh, pogonski troškovi iznose 18.245,92 kn godišnje. Od ukupnog iznosa, pogonski troškovi za drvenu sječku iznose 12.594,82 kn, a ostatak od 5.651,10 kn troši se na električnu energiju.

Investicijski troškovi prikazani su sljedećom tablicom.

**Tablica 17.** Investicijski troškovi druge varijante sustava

<b>Opis</b>	<b>Jedinična cijena</b>	<b>Količina</b>	<b>Ukupna cijena</b>
<b>Kotao na drvenu sječku</b> Centrometal EKO-CKS Multi Plus 170	186.000,00 kn	1	186.000,00 kn
<b>Zrakovodni/dimovodni sustav</b>	2.070,00 kn	18,5 m	2.070,00 kn
<b>Kotlovski razdjelnik</b> za 4 kruga grijanja	1.440,00 kn	1	1.440,00 kn
<b>Razdjelnik s razdjelnim ormarićem</b> za 4 kruga grijanja	764,50 kn	45	34.402,50 kn
<b>Razvod sustava grijanja</b> bakrene cijevi	68,80 kn	378 m	26.010,00 kn
<b>Cijevi za podno grijanje</b> PE-RT	4,58 kn	8600 m	39.388,00 kn
<b>Pumpa kruga podnog grijanja</b> Grundfos MAGNA 32–100	4.815,00 kn	3	14.445,00 kn
<b>Solarni pločasti kolektor</b> Vaillant auroTHERM plus VFK 140/2 VD	3.830,00 kn	18	68.940,00 kn
<b>Spremnik PTV-a</b> Vaillant allSTOR exclusive VPS 1500/3-7	18.650,00 kn	1	18.650,00 kn
<b>Kotlovska regulacija</b> Centrometal Elfatherm E8.0634 i E8.1124	5.700,00 kn	1	5.700,00 kn
<b>Troputni miješajući ventil</b> Siemens VXG44.25-10	1.496,00 kn	3	4.488,00 kn
<b>Kalorimetar</b> Siemens WSM5	1.060,00 kn	45	47.700,00 kn
<b>Klima komora</b> Proklima ProkPAKT	141.000,00 kn	1	141.000,00 kn
<b>Spiro ventilacijski kanali</b>	44,65 kn	1414 m	63.140,00 kn
<b>Stropni distributeri</b> Klimaoprema DEV-O (s priključnim kutijama UPK2)	405,00 kn	90	36.450,00 kn
<b>Odsisne rešetke</b> Klimaoprema OAB	110,00 kn	90	9.900,00 kn
<b>Montaža navedene opreme</b>	175.610,60 kn		
<b>UKUPNO bez PDV-a</b>	<b>878.052,10 kn</b>		
<b>UKUPNO s PDV-om</b>	<b>1.097.565,40 kn</b>		



## 8.4. Treća varijanta rješenja sustava

U trećoj se varijanti rješenja sustava za grijanje prostora, pripremu dobavnog zraka za ventilaciju i dogrijavanje PTV-a koristi dizalica topline zrak/voda.

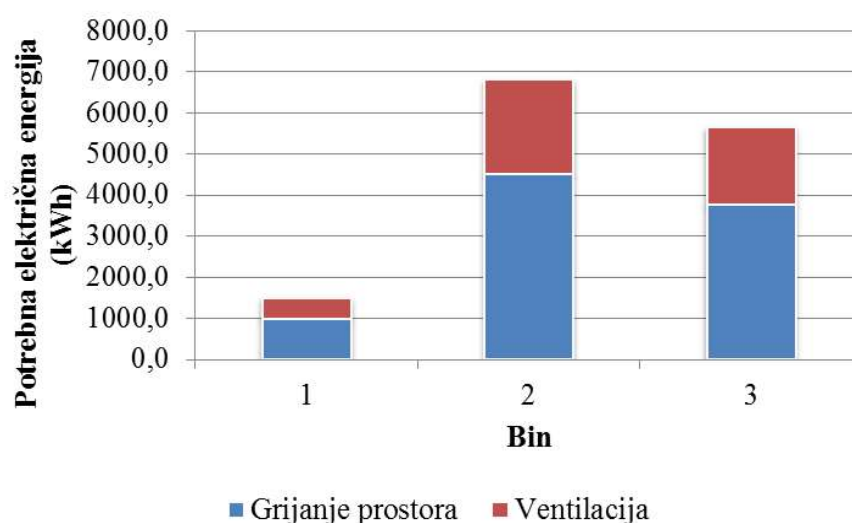
Proračun potrebne električne energije za pogon dizalice topline proveden je prema normi HRN EN 15316-4-2 po *bin* metodi. Proračun prema *bin* metodi podrazumijeva podjelu sezone grijanja na temperaturne intervale (razrede). Za određivanje trajanja pojedinih temperaturnih intervala koriste se ulazni podaci o satnoj vanjskoj temperaturi zraka za promatranu geografsku lokaciju. Također neophodni podaci za proračun dizalice topline su podaci o toplinskom učinku, snazi kompresora i faktoru grijanja (*COP*) u više radnih točaka, prema normi HRN EN 14511. Podaci su uzeti za odabranu dizalicu topline *AQUACIAT ILD 520A* proizvođača *CIAT*, nominalnog toplinskog učina  $\Phi_{DT} = 138 \text{ kW}$  (standardna točka A7/W40).

Podjelu sezone grijanja i pripreme PTV-a na temperaturne intervale prikazuje sljedeća tablica.

**Tablica 18.** Podjela sezone grijanja i pripreme PTV-a na temperaturne intervale

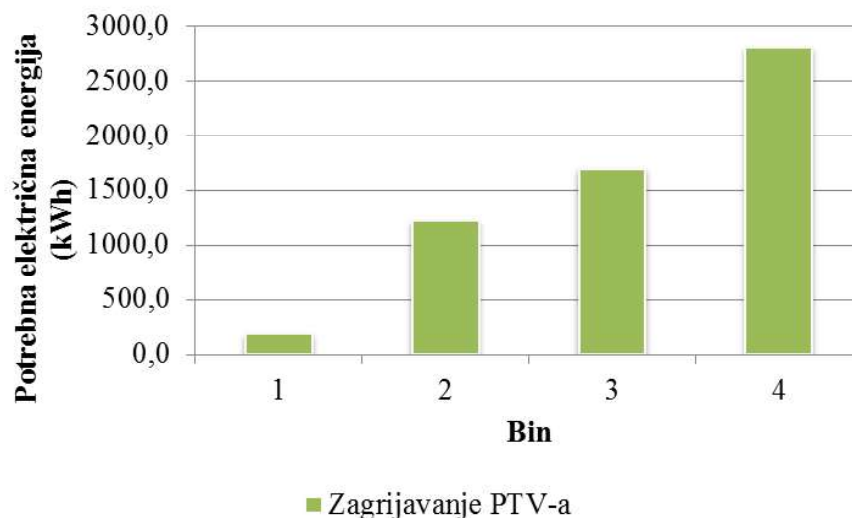
	Bin 1	Bin 2	Bin 3	Bin 4
Radna točka, °C	0	6	12	20
Donja granica temp. intervala, °C	-3	3	9	15
Gornja granica temp. intervala, °C	3	9	15	35

Slika 13 prikazuje rezultate potrebne električne energije za pogon dizalice topline za grijanje prostora i pripremu dobavnog zraka za ventilaciju po *bin*-ovima.



**Slika 13.** Potrebna električna energija za pogon dizalice topline za grijanje prostora i ventilaciju

Slika 14 prikazuje rezultate potrebne električne energije za pogon dizalice topline po bin-ovima za zagrijavanje PTV-a.



**Slika 14.** Potrebna električna energija za pogon dizalice topline za zagrijavanje PTV-a

Tablica 19 prikazuje rezultate potrebne električne energije za pogon dizalice topline za grijanje prostora i pripremu dobavnog zraka za ventilaciju, te za zagrijavanje PTV-a po bin-ovima

**Tablica 19.** Potrebna električna energija za pogon dizalice topline po bin-ovima

	Bin 1	Bin 2	Bin 3	Bin 4
Grijanje prostora, kWh	979,5	4497,4	3765,9	
Grijanje dobavnog zraka za ventilaciju, kWh	478,0	2048,9	1547,2	
Zagrijavanje PTV-a, kWh	186,2	1217,1	1690,4	2796,0

Ukupno potrebna električna energija za pogon dizalice topline iznosi  $E_{H, hp, in} = 19844,5$  kWh godišnje.

Tablica 20 prikazuje rezultate proračuna isporučene i primarne energije, kao i godišnje emisije CO<sub>2</sub>. Pomoćne uređaje čine pumpe i ventilatori.

**Tablica 20.** Rezultati proračuna treće varijante sustava

<b>Ukupno godišnja isporučena energija dizalici topline i pomoćnim uređajima, <math>E_{del}</math></b>	37551,4 kWh
<b>Godišnja primarna energija, <math>E_{prim}</math></b>	29966,1 kWh
<b>Emisija CO<sub>2</sub></b>	8824,6 kg

Godišnja primarna energija izračunata je pomoću faktora primarne energije  $f_p = 1,095$  za prirodni plin i  $f_{p, el} = 0,798$  za električnu energiju. Emisija CO<sub>2</sub> izračunata je pomoću faktora  $C_p = 0,22$  kg/kWh za prirodni plin i  $C_{p, el} = 0,235$  kg/kWh za električnu energiju.

Za cijenu električne energije od 0,4938 kn/kWh, pogonski troškovi iznose 18.542,88 kn električne energije godišnje.

Investicijski troškovi prikazani su sljedećom tablicom.

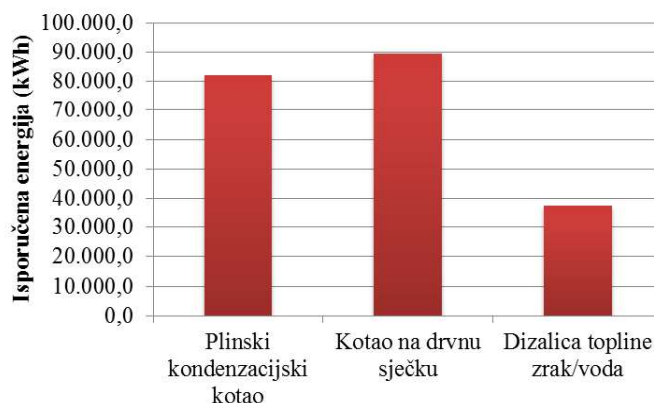
**Tablica 21.** Investicijski troškovi treće varijante sustava

Opis	Jedinična cijena	Količina	Ukupna cijena
Dizalica topline zrak/voda CIAT AQUACIAT ILD 520A	204.300,00 kn	1	204.300,00 kn
Razdjelnik za 4 kruga grijanja	7.065,00 kn	1	7.065,00 kn
Razdjelnik s razdjelnim ormarićem za 4 kruga grijanja	764,50 kn	45	34.402,50 kn
Razvod sustava grijanja	68,80 kn	378 m	38.653,00 kn
Cijevi za podno grijanje PE-RT	4,58 kn	8600 m	39.388,00 kn
Pumpa kruga podnog grijanja Grundfos MAGNA 32–100	4.815,00 kn	3	14.445,00 kn
Solarni pločasti kolektor Vaillant auroTHERM plus VFK 140/2 VD	3.830,00 kn	18	68.940,00 kn
Spremnik PTV-a Vaillant allSTOR exclusive VPS 1500/3-7	18.650,00 kn	1	18.650,00 kn
Troputni miješajući ventil Siemens VXG44.25-10	1.496,00 kn	3	4.488,00 kn
Kalorimetar Siemens WSM5	1.060,00 kn	45	47.700,00 kn
Klima komora Proklima ProkPAKT	141.000,00 kn	1	141.000,00 kn
Spiro ventilacijski kanali	44,65 kn	1414 m	63.140,00 kn
Stropni distributeri Klimaoprema DEV-O (s priključnim kutijama UPK2)	405,00 kn	90	36.450,00 kn
Odsisne rešetke Klimaoprema OAB	110,00 kn	90	9.900,00 kn
Montaža navedene opreme	178.718,88 kn		
<b>UKUPNO bez PDV-a</b>	<b>892.594,38 kn</b>		
<b>UKUPNO s PDV-om</b>	<b>1.115.742,98 kn</b>		

## 9. ODABIR OPTIMALNOG RJEŠENJA

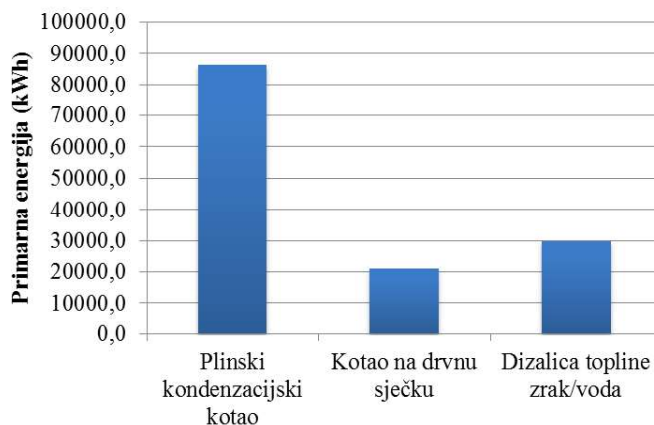
Nakon izvršenih proračuna energijskih zahtjeva za grijanje prostora, pripremu dobavnog zraka za ventilaciju i zagrijavanje PTV-a, moguće je odabrati optimalno rješenje ponuđenih varijanti sustava.

Slika 15 prikazuje godišnje isporučene energije za sve tri varijante sustava. Iz nje je vidljivo kako je najviše energije potrebno isporučiti sustavu s kotlom na drvenu sječku, dok je očekivano najmanje potrebno isporučiti sustavu s dizalicom topline. Razlog zašto je prvoj varijanti sustava potrebno isporučiti manje energije u odnosu na drugu varijantu sustava je veća efikasnost plinskog kondenzacijskog kotla u odnosu na kotao na drvenu sječku.



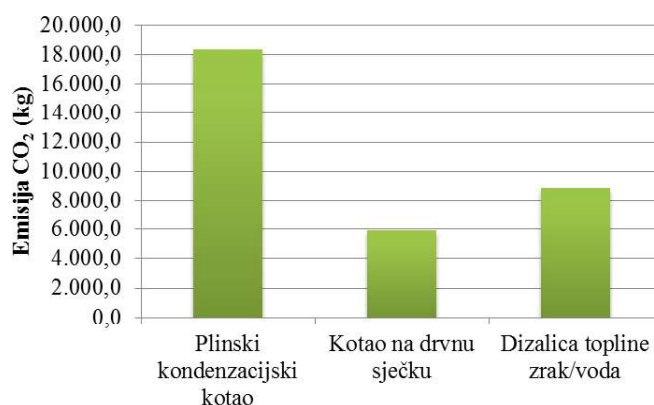
**Slika 15.** Isporučena energija po sustavima

Slika 16 prikazuje godišnje primarne energije za sve tri varijante sustava. Očekivano, najmanje primarne energije troši sustav s kotlom na drvenu sječku.



**Slika 16.** Primarna energija po sustavima

Slika 17 prikazuje godišnje emisije CO<sub>2</sub> za sve tri varijante sustava. Također očekivano, najmanje štetan utjecaj na okoliš ima sustav s kotlom na drvnu sječku.



**Slika 17.** Emisija CO<sub>2</sub> po sustavima

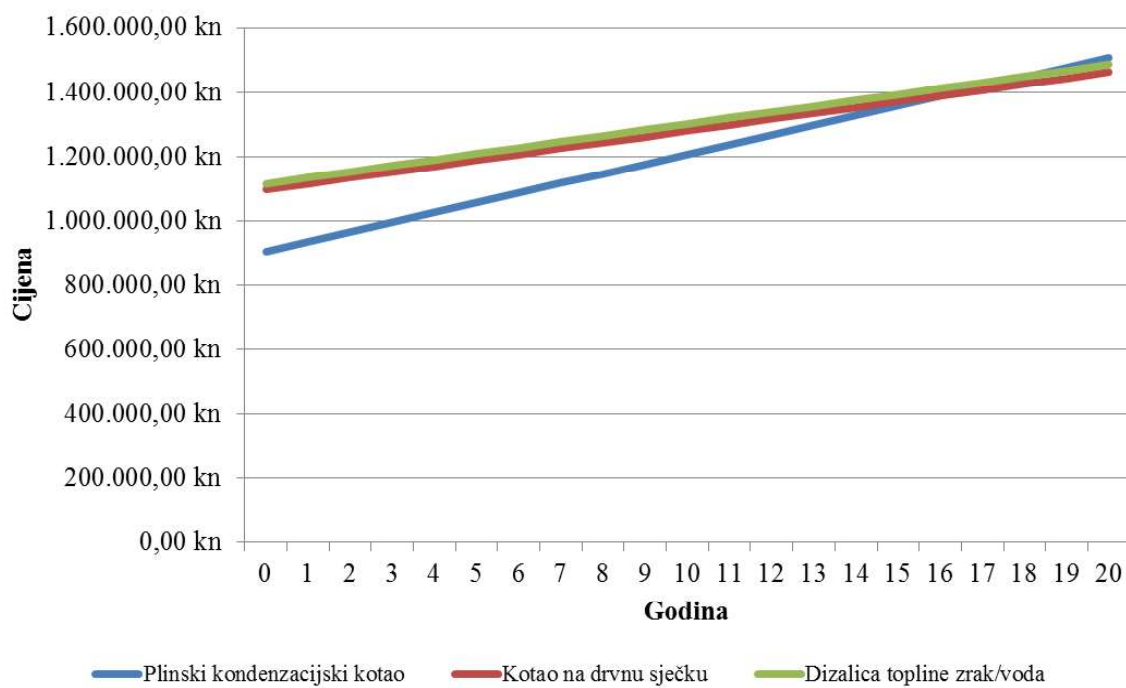
Tablica 22 daje pregled investicijskih i pogonskih troškova svake varijante rješenja sustava. Iz nje je vidljivo kako je sustav s kotlom na drvnu sječku zbog niske cijene drvene sječke pogonski optimalan. Najveće pogonske troškove ima sustav s plinskim kondenzacijskim kotlom, međutim, njegova prednost je u najnižim investicijskim troškovima.

**Tablica 22.** Pregled pogonskih i investicijskih troškova

Varijanta sustava	Investicijski troškovi	Pogonski troškovi
Sustav s plinskim kondenzacijskim kotlom	905.565,40 kn	30.153,98 kn/god
Sustav s kotlom na drvnu sječku	1.097.565,40 kn	18.245,92 kn/god
Sustav s dizalicom topline	1.115.742,98 kn	18.542,88 kn/god

Slika 18 daje pregled ukupnih troškova kroz period korištenja od 20 godina. Iz nje je vidljivo kako je u odabranom periodu korištenja sustav s kotlom na drvnu sječku, unatoč relativno visokim investicijskim troškovima, ekonomski najisplativiji. Sustav s kotlom na drvnu sječku ekonomski najisplativiji postaje u 17. godini odabranog perioda korištenja.

Osim što je ekonomski najisplativiji, sustav s kotlom na drvnu sječku je i najmanje štetan za okoliš, zbog čega predstavlja odabrano rješenje sustava, koje će biti razrađeno na razini glavnog projekta.



**Slika 18.** Pregled pogonskih i investicijskih troškova kroz period korištenja od 20 godina

## 10. HIDRAULIČKI PRORAČUN CJEVOVODA

Za razvod ogrjevnog medija (vode) odabrane su bakrene cijevi. Dimenzije bakrenih cijevi odabrane su tako da brzina strujanja vode u cijevima ulazi u područje preporučenih vrijednosti, koje su prikazane sljedećom tablicom.

**Tablica 23.** Preporučene brzine strujanja vode u cijevima

Nazivna veličina (mm)	Brzina strujanja vode (m/s)	
	Minimum	Maksimum
< DN15	0,01-0,013	0,3
DN15	0,013	0,35
DN20	0,015	0,65
DN25	0,018	0,8
DN32	0,02	1,0
DN40	0,03	1,5
DN50	0,04	1,5
> DN50	0,05-0,06	1,5

Ukupni pad tlaka u cjevovodu jednak je zbroju padova tlaka uslijed trenja i lokalnih padova tlaka u cjevovodu. Pad tlaka uslijed trenja javlja se zbog površinske hrapavosti cijevi, dok se lokalni pad tlaka javlja u elementima sustava gdje struja fluida mijenja smjer poput kotlova, ogrjevnih tijela, ventila, koljena, lukova, T-spojeva itd.

Sljedeća tablica daje prikaz proračuna cjevovoda dionice kritičnog kruga podnog grijanja. Kritični grijač je onaj koji je postavljen najdalje od pumpe, a to je petlja podnog grijanja u prostoriji 5.9.3.

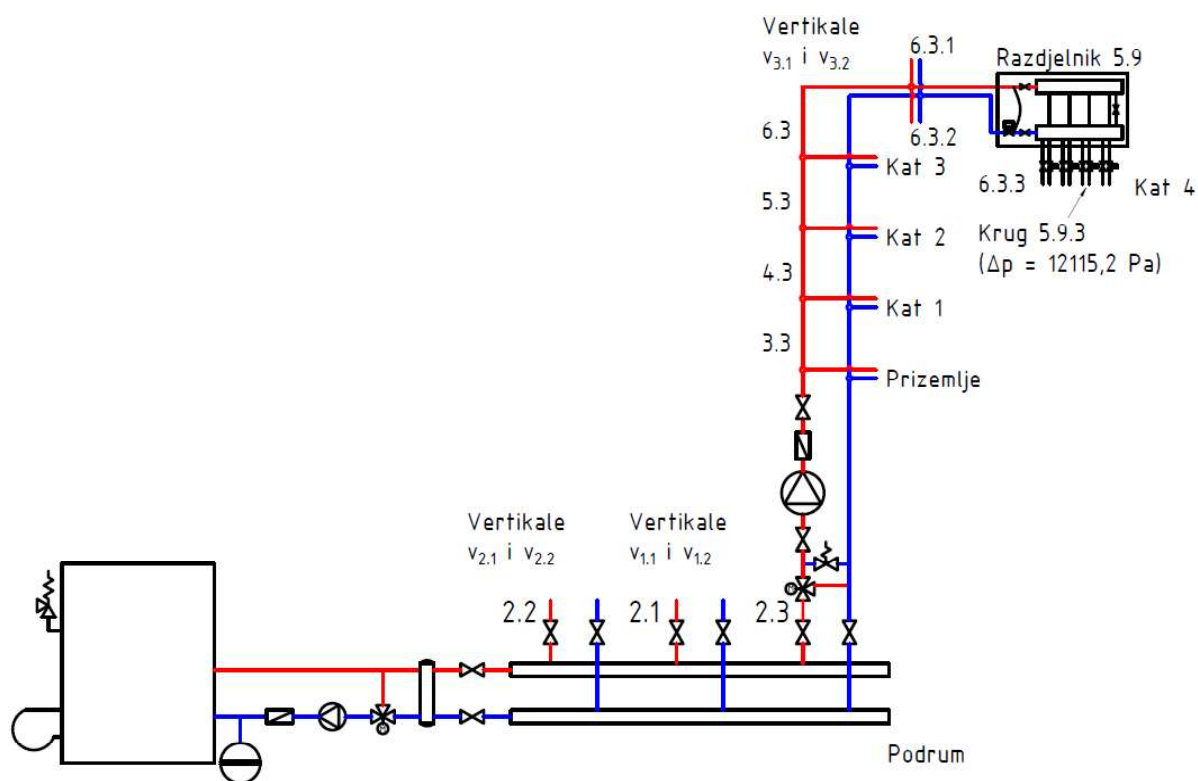
**Tablica 24.** Proračun cjevovoda dionice kritičnog grijača krugova podnog grijanja

Dionica	L, m	Q, W	DN, mm	w, m/s	R, Pa/m	RL, Pa	ξ	Z, Pa	Δp, Pa
2.3	60,0	33510	50	0,78	117,8	7065,4	22,5	6938,8	14004,2
3.3	5,7	26250	40	1,05	274,9	1566,8	0,5	276,4	1843,2
4.3	5,7	20030	40	0,80	169,9	968,4	0,5	161,1	1129,5
5.3	5,7	13820	32	0,82	226,2	1289,1	0,5	169,2	1458,3
6.3	5,7	7600	25	0,72	255,0	1453,8	5,0	1373,5	2827,3
6.3.3	9,0	2792	20	0,42	127,5	1148,3	3,0	271,5	1419,8
Pad tlaka u petlji 5.9.3						12115,2 Pa			
<b>UKUPNI PAD TLAKA</b>						<b>34798,5 Pa</b>			

Ukupni pad tlaka od pumpe do kritičnog grijača i ponovno natrag do pumpe iznosi 34798,5 Pa.

Tablica 24 – oznake:  $L$  – duljina dionice (m),  $Q$  – toplinski učin dionice (W), DN – nazivni promjer cijevi dionice (mm),  $w$  – brzina strujanja vode u cijevima dionice (m/s),  $R$  – linijski pad tlaka u dionici (Pa/m),  $RL$  – pad tlaka uslijed trenja u dionici (Pa),  $\xi$  – koeficijent lokalnog otpora strujanja u dionici,  $Z$  – lokalni pad tlaka u dionici (Pa),  $\Delta p$  – ukupni pad tlaka u dionici (Pa)

Slika 19 daje prikaz numeriranih dionica kritičnog kruga podnog grijanja.



**Slika 19.** Prikaz numeriranih dionica kritičnog kruga podnog grijanja



## 11. HIDRAULIČKI PRORAČUN VENTILACIJSKIH KANALA

Za kanalni razvod zraka odabrane su cijevi pravokutnog oblika. Brzina strujanja zraka u njima se smanjuje od klima jedinice (oko 7 m/s) prema krajevima kanalskog razvoda gdje su smješteni dobavni i odsisni otvori (oko 2,5 m/s). Ukupni pad tlaka se sastoji od padova tlaka uslijed trenja (zbog hrapavosti unutarnje površine kanala) i lokalnih padova tlaka (u dijelovima sustava poput ulaznih i izlaznih otvora, zaklopki, koljena, T-spojeva itd.).

Tablica 25 prikazuje rezultate proračuna kritične dionice dobavnih kanala. Kritična dionica dobavnih kanala je dionica D 5.1.3.1 koja dobavlja zrak u prostoriju 1.3.3.

**Tablica 25.** Rezultati proračuna kritične dionice dobavnih kanala

Dionica	$L$ , m	$V$ , m <sup>3</sup> /h	$A$ , m <sup>2</sup>	$w$ , m/s	$R$ , Pa/m	$RL$ , Pa	$\xi$	$Z$ , Pa	$\Delta p$ , Pa
D0	4	9450	0,36	7,2	0,95	3,8	0,62	19,8	23,58
D1.1	25	3150	0,16	5,5	0,7	17,5	2,02	36,25	53,75
D2.1	5,7	2520	0,16	4,38	0,45	2,565	0	0	2,565
D3.1	5,7	1890	0,12	4,3	0,55	3,132	0,06	0,662	3,794
D4.1	5,7	1260	0,076	4,6	0,8	4,55	0,04	0,514	5,074
D5.1	5,7	630	0,04	4,38	1	5,7	0,04	0,455	6,155
D5.1.3	7,4	210	0,023	2,58	0,25	1,85	0,12	4	2,334
D5.1.3.1	5	105	0,01	2,92	0,7	3,5	0,44	2,45	55,95
<b>UKUPNI PAD TLAKA</b>					<b>129,42 Pa</b>				

Ukupni pad tlaka od izlaza iz klimatizacijske jedinice do istrujnog otvora dionice D 5.1.3.1 iznosi 129,4 Pa.

Tablica 26 prikazuje rezultate proračuna kritične dionice odsisnih kanala. Kritična dionica odsisnih kanala je dionica O 5.1.3.1 u prostoriji 1.3.4.

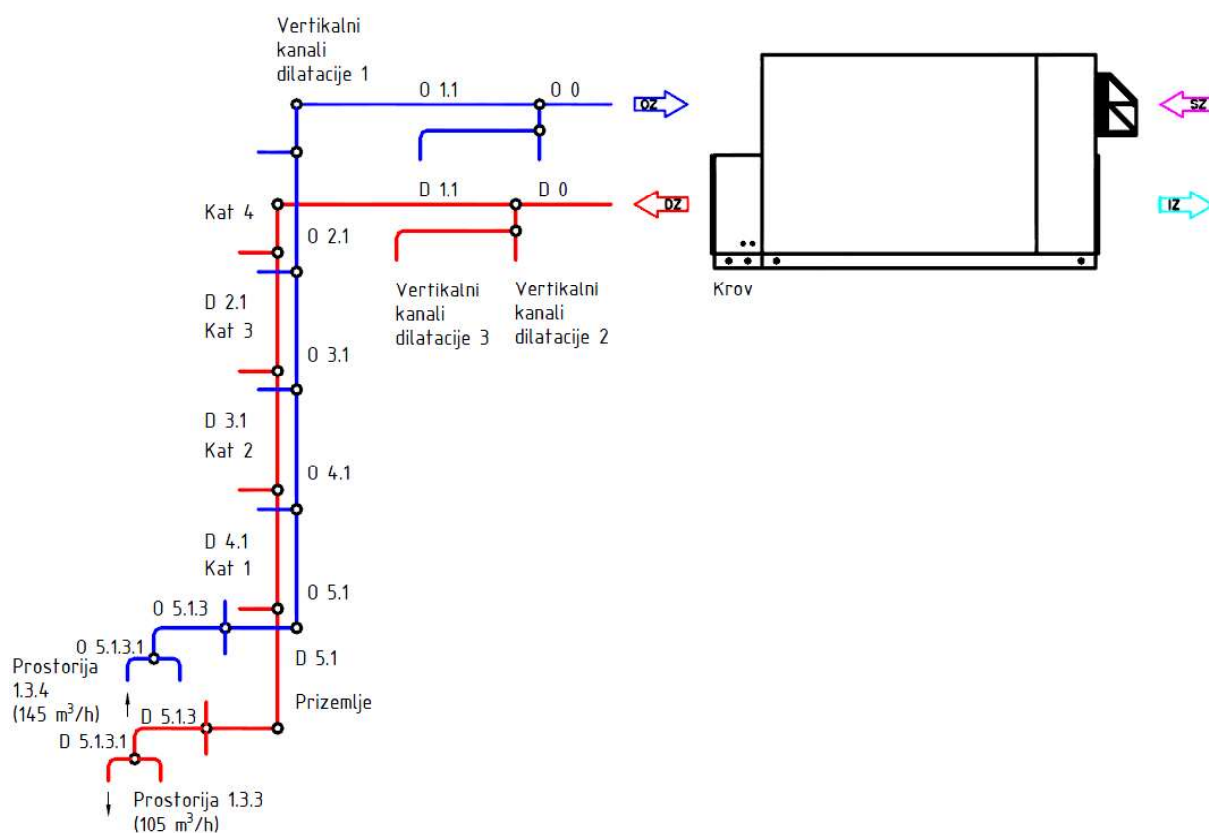
**Tablica 26.** Rezultati proračuna kritične dionice odsisnih kanala

Dionica	$L$ , m	$V$ , m <sup>3</sup> /h	$A$ , m <sup>2</sup>	$w$ , m/s	$R$ , Pa/m	$RL$ , Pa	$\xi$	$Z$ , Pa	$\Delta p$ , Pa
O5.1.3.1	3	150	0,015	2,78	0,2	0,6	0,02	0,092	40,692
O5.1.3	4,8	210	0,023	2,58	0,25	1,2	0,12	0,484	1,684
O5.1	5,7	630	0,04	4,38	1	5,7	0,04	0,459	6,155
O4.1	5,7	1260	0,076	4,6	0,8	4,55	0,04	0,514	5,074
O3.1	5,7	1890	0,12	4,3	0,55	3,132	0,06	0,662	3,794
O2.1	5,7	2520	0,16	4,38	0,45	2,565	0	0	2,565
O1.1	25	3150	0,16	5,5	0,7	17,5	2,02	36,25	53,75
O0	4	9450	0,36	7,2	0,95	3,8	0,62	19,8	23,58
<b>UKUPNI PAD TLAKA</b>					<b>137,2 Pa</b>				

Ukupni pad tlaka od odsisne rešetke dionice O 5.1.3.1 do ulaza u klimatizacijsku jedinicu iznosi 137,2 Pa.

Tablice 25 i 26 – oznake:  $L$  – duljina dionice (m),  $V$  – volumenski protok zraka u dionici ( $\text{m}^3/\text{h}$ ),  $A$  – površina kanala dionice ( $\text{m}^2$ ),  $w$  – brzina strujanja zraka u kanalima dionice (m/s),  $R$  – linijski pad tlaka u dionici (Pa/m),  $RL$  – pad tlaka uslijed trenja u dionici (Pa),  $\xi$  – koeficijent lokalnog otpora strujanja u dionici,  $Z$  – lokalni pad tlaka u dionici (Pa),  $\Delta p$  – ukupni pad tlaka u dionici (Pa)

Slika 20 daje prikaz numeriranih kritičnih dionica dobavnih i odsisnih kanala.



**Slika 20.** Prikaz numeriranih kritičnih dionica dobavnih i odsisnih kanala

## 12. ODABIR OPREME

### 12.1. Kotao na drvenu sječku

Odabran je čelični toplovodni kotao predviđen za loženje drvnom sječkom.

Kotao je opremljen:

- digitalnom kotlovskom regulacijom koja upravlja radom kotla, radom transporterora dobave goriva u kotao (s mogućnošću upravljanja do dva dodatna transporterora goriva) i mješačem u spremniku goriva,
- pomičnom rešetkom na kojoj izgara gorivo,
- lambda sandom,
- automatskom dobavom goriva u plamenik pužnim transporterom, automatskom potpalom goriva i automatskim vađenjem pepela iz kotla,
- odsisnim ventilatorom dimnih plinova i izdvajanjem čestica iz dimnih plinova pomoću ciklona,
- turbulatorima u dimovodnim cijevima, termičkom zaštitom kotla od pregrijanja i zaštitom od povratnog plamena u spremnik goriva.

Dodatnu opremu čine:

- transporter goriva,
- spremnik goriva s mješačem i transporterom,
- kotlovska pumpa,
- troputni miješajući ventil,
- hidraulička skretnica,
- sistem za automatsko čišćenje dimovodnih cijevi.

Tehničke karakteristike:

- Nazivni toplinski učin: 170 kW (80/60 °C)
- Raspon snage: 51-170 kW
- Max. radna temperatura: 95 °C
- Max. radni pretlak: 4 bar

- Ukupna dubina kotla: 3885 mm
- Ukupna širina kotla: 2010 mm
- Ukupna visina kotla: 2270 mm

Tip: EKO-CKS Multi Plus 170

Proizvođač: Centrometal

## 12.2. Podno grijanje

Odabrana ogrjevna tijela su petlje podnog grijanja, postavljene na suho višestrukim pritezanjem. Polazi i povrati petlji podnog grijanja spojeni su na razdjelnike za četiri kruga grijanja, koji su postavljeni u razdjelne ormariće montirane u hodniku svakog stana.

Tehničke karakteristike:

- Temperaturni režim: 40/35 °C

Tip cijevi: PE-Xc 20 x 2 mm

Poizvođač: PIPELIFE

## 12.3. Hidraulička skretnica

Tehničke karakteristike:

- Max. protok vode: 7 m<sup>3</sup>/h

Tip: WST 80-34

Proizvođač: MAGRA

## 12.4. Kotlovski razdjelnik

Odabran je kotlovski razdjelnik za pet krugova grijanja.

Tehničke karakteristike:

- Max. protok vode: 7 m<sup>3</sup>/h

Tip: 85/85

Proizvođač: MAGRA

## 12.5. Troputni miješajući ventili

Odabrana su četiri troputna miješajuća ventila s motornim pogonom. Jedan je u svrhu zaštite povratnog voda kotla smješten u krugu između kotla i kotlovskog razdjelnika, dok su ostala tri smještena u krugovima podnog grijanja.

Tehničke karakteristike:

- Nazivni promjer: DN25
- $k_{VS}$  vrijednost:  $10 \text{ m}^3/\text{h}$
- Linearna karakteristika protoka

Tip: VXG44.25-10

Proizvođač: Siemens

## 12.6. Solarni pločasti kolektori

Odabrano je 18 solarnih pločastih kolektora.

Tehničke karakteristike:

- Dimenzije: 2033 x 1233 x 80 mm
- Ukupna površina:  $2,51 \text{ m}^2$
- Korisna površina:  $2,35 \text{ m}^2$
- Masa: 37,4 kg
- Apsorpcija apsorbera: 95%
- Emisija apsorbera: 5%

Tip: auroTHERM plus VFK 140/2 VD

Proizvođač: Vaillant

## 12.7. Spremnik PTV-a

Odabran je akumulacijski spremnik s dva izmjenjivača topline. Primarno se spremnik zagrijava putem solarnih pločastih kolektora, a dogrijava se putem kotla na drvenu sječku.

Tehničke karakteristike:

- Nazivni volumen: 1505 l
- Vanjski promjer s izolacijom: 1400 mm
- Dubina s izolacijom i priključcima: 1448 mm
- Visina uključujući izolaciju: 2362 mm
- Masa (prazan): 210 kg
- Masa (pogonsko stanje): 1715 kg

Tip: allSTOR exclusive VPS 1500/3-7

Proizvođač: Vaillant

## **12.8. Cirkulacijske pumpe**

Tip: MAGNA 1 50-60 F

Proizvođač: Grundfos

- Opskrba krugova podnog grijanja

Tip: UPS 25-25 180

Proizvođač: Grundfos

- Cirkulacija vode između kotla i spremnika PTV-a

Tip: UPS 50-30 F

Proizvođač: Grundfos

- U svrhu zaštite povratnog voda kotla

Tip: UP 25-80 B 180

Proizvođač: Grundfos

- Recirkulacijski krug PTV-a

## **12.9. Solarna pumpna stanica**

Odabrana je dvocijevna solarna pumpna stanica.

Solarnu stanicu čine sljedeće komponente:

- cirkulacijska pumpa Wilo ST 25/6 180 – 6/4",
- ventili za punjenje i pražnjenje,
- sigurnosni solarni ventil (6 bar),
- zaporni ventil,
- solarni nepovratni ventil,
- manometar,
- termometri na polaznom i povratnom vodu,
- mjerač protoka s kontrolom protoka,
- izlaz na priključak ekspanzijske posude.

Tip: S2 Solar 3

Proizvođač: Regulus

## 12.10. Ekspanzijske posude

### *Sustav grijanja*

Odabrana je čelična membranska ekspanzijska posuda:

- Nazivni volumen: 300 l
- Tlak prilikom isporuke: 1,5 bar
- Max. tlak: 10 bar
- Promjer: 450 mm
- Visina: 1330 mm

Tip: Flexcon Top 300

Proizvođač: Flamco

### *Sustav PTV-a*

Odabrana je čelična membranska ekspanzijska posuda:

- Nazivni volumen: 100 l
- Tlak prilikom isporuke: 1,5 bar
- Max. tlak: 6 bar

- Promjer: 460 mm
- Visina: 810 mm

Tip: MN-100

Proizvođač: Pneumatex

### ***Sustav solarnog zagrijavanja PTV-a***

Odabrana je čelična ekspanzijska posuda namijenjena za solarne sustave:

- Nazivni volumen: 80 l
- Tlak prilikom isporuke: 2,5 bar
- Max. tlak: 10 bar
- Promjer: 415 mm
- Visina: 718 mm

Tip: S80

Proizvođač: Imera

## **12.11. Kotlovska regulacija**

Odabrana je kotlovska regulacija koja omogućuje regulaciju tri kruga troputnih miješajućih ventila, regulaciju kruga zagrijavanja PTV-a, regulaciju zaštitne pumpe kotla i regulaciju recirkulacijske pumpe PTV-a.

Tip: Elfatherm E8.0634 i E8.1124

Proizvođač: Centrometal

## **12.12. Regulacija kruga solarnog zagrijavanja PTV-a**

Tip: Solar

Proizvođač: Centrometal

## **12.13. Mjerenje potrošnje toplinske energije**

Za mjerenje potrošnje toplinske energije za grijanje svakog stana predviđeni su kalorimetri.



Tip: WSM5

Proizvođač: Siemens

### 12.14. Klimatizacijska jedinica

Odabrana je klimatizacijska jedinica za vanjsku ugradnju s pločastim rekuperatorom topline, filterima i toplovodnim grijačem zraka.

Tehničke karakteristike:

- Napajanje: 3 x 400 V; 50 Hz
- Nazivna ulazna snaga: 11,9 kW
- Nazivna struja: 19,8 A
- Volumni protok dobavnog zraka: 10000 m<sup>3</sup>/h
- Pad tlaka dobavnog zraka: 150 Pa
- Filtar na strani dobavnog zraka: F7
- Stupanj povrata topline rekuperatora: 91,2%
- Toplinska snaga grijača: 20 kW
- Snaga cirkulacijske pumpe grijača: 400 W
- Volumni protok otpadnog zraka: 10000 m<sup>3</sup>/h
- Pad tlaka otpadnog zraka: 150 Pa
- Filtar na strani otpadnog zraka: M5

Tip: ProkPAKT CPL 10000

Proizvođač: Proklima

### 12.15. Distributeri zraka i odsisne rešetke

Odabrani distributeri zraka s pojedinačno podesivim krilcima i priključnim kutijama izrađeni su od čeličnog lima. Ugrađuju se centralnim vijkom.

Tip: DEV-O + UPK2

Proizvođač: Klimaoprema

Za odsis otpadnog zraka iz kuhinja i blagovaonica koriste se odsisne ventilacijske rešetke, izrađene od eloksiranog aluminijsa.

Tip: OAB

Proizvođač: Klimaoprema

Za odsis otpadnog zraka iz kupaoonica koriste se zračni ventili za prozračivanje, izrađeni od čeličnog lima.

Tip: ZOV

Proizvođač: Klimaoprema

## 13. TEHNIČKI OPIS

### 13.1. Sustav grijanja

Sustav grijanja predmetne višestambene zgrade izveden je kao centralni sustav s prisilnom cirkulacijom ogrjevnog medija s petljama podnog grijanja kao ogrjevnim tijelima. Kao izvor topline u sustavu grijanja koristi se kotao na drvenu sječku *EKO-CKS Multi Plus 170* proizvođača *Centrometal*, toplinske snage 170 kW i temperaturnog režima 80/60 °C. Kotao je opremljen potrebnom sigurnosnom armaturom za tehnički ispravan rad, a smješten je u kotlovnici koja se nalazi u podrumu zgrade. Kotao je pozicioniran tako da se do njega može nesmetano pristupiti, tj. zadovoljene su minimalne udaljenosti kotla od zidova kotlovnice. U kotlovnici se nalazi otvor za dovod svježeg zraka površine 1025 cm<sup>2</sup>.

Kotlovski krug je u svrhu zaštite povratnog voda kotla, u kojem temperatura vode mora biti najmanje 60 °C, opremljen tropskim miješajućim ventilom *H550B* proizvođača *Belimo* i kotlovskom pumpom *UPS 50-30 F* proizvođača *Grundfos*. U kotlovskom krugu smještena je i ekspanzijska posuda *Flexcon Top 300* proizvođača *Flamco*, volumena 300 litara. Hidrauličko odvajanje kotlovskog kruga od kruga potrošača omogućeno je preko hidrauličke skretnice *WST 80-34* proizvođača *MAGRA*. Također, na primarni krug spojen je i kotlovski razdjelnik *85/85* proizvođača *MAGRA* s pet priključka na koje su spojeni sekundarni krugovi grijanja, tj. krugovi podnog grijanja, krug grijača klima komore i krug zagrijavanja PTV-a. Sustav grijanja izveden je tako da postoje tri zasebna sekundarna kruga podnog grijanja. Cirkulaciju ogrjevne vode kroz krugove podnog grijanja osiguravaju cirkulacijske pumpe *MAGNA 1 50-60 F* proizvođača *Grundfos*. Kako bi se održao temperaturni režim podnog grijanja (40/35 °C) koriste se tropski miješajući ventili *H550B* proizvođača *Belimo*, kojima upravlja kotlovska regulacija s ugrađenim regulatorima *Elfatherm E8.0634* i *E8.1124*, proizvođača *Centrometal*. Odabrane cijevi podnog grijanja su PE-Xc 20 x 2 mm proizvođača *PIPELIFE*, a postavljene su na suho višestrukim pritezanjem. Polazi i povrati petlji podnog grijanja spojeni su na razdjelnike za četiri kruga grijanja, koji su postavljeni u razdjelne ormariće montirane u hodniku svakog stana. Također su unutar razdjelnih ormarića, na povratni vod, ugrađeni kalorimetri *WSM5* proizvođača *Siemens*, koji mjere potrošnju toplinske energije svakog stana.

### 13.2. Sustav ventilacije

Kako bi se u zoni boravka održala odgovarajuća kvaliteta zraka, za predmetnu višestambenu zgradu projektiran je sustav prisilne ventilacije, a izveden je tako da omogućuje povrat dijela topline sadržane u istrošenom zraku. U tu svrhu koristi se klima komora s pločastim rekuperatorom za vanjsku ugradnju *ProkPAKT CPL 10000* proizvođača *Proklima*, sa stupnjem povrata topline  $\eta = 91,2\%$  i toplovodnim grijačem zraka toplinske snage  $\Phi_G = 20$  kW. Također, klima komoru čine filter klase F7 smješten u dobavnom kanalu, filter klase M5 smješten u odsisnom kanalu, dobavni i odsisni ventilatori nazivne snage 3,45 kW, kao i regulacija koji upravlja radom klima komore. Klima komora smještena je na ravnom krovu predmetne zgrade.

Klima komora dobavlja  $9450 \text{ m}^3/\text{h}$  zraka za zgradu, što je  $3150 \text{ m}^3/\text{h}$  zraka za svaku dilataciju. Zrak se za svaku dilataciju dobavlja kanalima pravokutnog poprečnog presjeka koji se s krova vertikalno spuštaju prema stubištu svake dilatacije, otkuda se dobavlja za svaku etažu, tj. stan. Zrak se s količinom od  $210 \text{ m}^3/\text{h}$  i temperaturom od  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  preko stropnih distributera *DEV-O* proizvođača *Klimaoprema* dovodi u dnevne i spavaće sobe, a odvodi iz kuhinja/blagovaonica preko odsisnih rešetki *OAB* proizvođača *Klimaoprema* s količinom od  $145 \text{ m}^3/\text{h}$ , što odgovara broju izmjena zraka  $ACH = 4 \text{ h}^{-1}$ , kao i iz kupaonica preko zračnih ventila *ZOV* proizvođača *Klimaoprema* s količinom od  $65 \text{ m}^3/\text{h}$ , što odgovara broju izmjena zraka  $ACH = 6 \text{ h}^{-1}$ .

### 13.3. Sustav pripreme PTV-a

Sustav pripreme PTV-a izveden je kao akumulacijski sustav sa spremnikom PTV-a *allSTOR exclusive VPS 1500/3-7* proizvođača *Vaillant*, volumena 1505 litara. Za zagrijavanje PTV-a koristi se 18 solarnih pločastih kolektora *auroTHERM plus VFK 140/2 VD* proizvođača *Vaillant*, koji su smješteni na krovu zgrade pod kutem od  $45^\circ$  i orijentirani na južnu stranu. Ukoliko solarni pločasti kolektori ne mogu isporučiti dovoljno toplinske energije, ostatak potrebne toplinske energije za zagrijavanje PTV-a pokriva kotao na drvenu sječku. Cirkulaciju vode u kolektorskom krugu osigurava cirkulacijska pumpa *ST 25/6 180 – 6/4"* proizvođača *Wilo*, koja se nalazi u sklopu solarne pumpne stanice *S2 Solar 3* proizvođača *Regulus*. Regulaciju solarnog zagrijavanja PTV-a vrši regulator *Solar* proizvođača *Centrometal*, dok regulaciju dogrijavanja PTV-a kotlom na drvenu sječku vrši kotlovska regulacija s ugrađenim regulatorima *Elfatherm E8.0634* i *E8.1124*, proizvođača *Centrometal*.

## 14. ZAKLJUČAK

Ovim diplomskim radom izrađeno je projektno rješenje sustava grijanja, prisilne ventilacije i pripreme PTV-a za višestambenu zgradu s 45 stanova, smještenu na području grada Rijeke i ukupne korisne površine 2608 m<sup>2</sup>.

Uspoređene su tri varijante rješenja sustava grijanja. Priprema PTV-a predviđena je u izvedbi akumulacijskog sustava sa solarnim pločastim kolektorima, uz dogrijavanje koje je izvedeno ovisno o varijanti rješenja sustava grijanja. Prva varijanta rješenja sustava kao izvor topline za grijanje prostora, pripremu dobavnog zraka za ventilaciju i dogrijavanje PTV-a koristi plinski kondenzacijski kotao, druga varijanta kao izvor topline koristi kotao na drvenu sječku, dok treća varijanta kao izvor topline koristi dizalicu topline zrak/voda. Na temelju usporedbe investicijskih i pogonskih troškova u promatranom periodu korištenja, ali i utjecaja na okoliš, sustav s kotlom na drvenu sječku kao izvorom topline, koji osim što je ekonomski najisplativiji, također je ekološki najprihvatljiviji, zbog čega je odabran kao optimalno tehničko rješenje, koje je zatim razrađeno na razini glavnog projekta.

Glavni razlog ekonomske isplativosti sustava s kotlom na drvenu sječku je niska cijena drvne sječke, koja je dvostruko jeftiniji energent od prirodnog plina, a trostruko jeftiniji energent od električne energije. Iako je sustavu s kotlom na drvenu sječku potrebno isporučiti najviše energije, te usprkos njegovim relativno visokim investicijskim troškovima, zbog niskih pogonskih troškova koji su posljedica niske cijene drvne sječke, ipak predstavlja ekonomski optimalno rješenje. Ekonomska isplativost sustava s kotlom na drvenu sječku ostvaruje se u 17. godini odabranog perioda korištenja.

## LITERATURA

- [1] Energetska učinkovitost u zgradarstvu, Fond za zaštitu okoliša i energetske učinkovitost, 2017.
- [2] Energetska efikasnost u sektoru zgradarstva, Enerpedia, 2014.
- [3] Plinski kondenzacijski kotao *ecoCRAFT exclusive VKK 806/3-E HL INT – 2806/3-E HL INT*, Vaillant, 2017.
- [4] Kotao na drvenu sječku *EKO-CKS Multi*, Centrometal, 2017.
- [5] Priručnik za energetske certificiranje zgrada, Zagreb, 2010.
- [6] HRN EN 12831
- [7] Soldo V., Novak S., Horvat I.: Algoritam za proračun potrebne energije za grijanje i hlađenje prostora zgrade prema HRN EN ISO 13790, FSB, Zagreb, 2014.
- [8] Tehnički propis o racionalnoj uporabi energije i toplinskoj zaštiti u zgradama, Ministarstvo graditeljstva i prostornog uređenja, Zagreb, 2013.
- [9] Recknagel, Sprenger: Priručnik za grijanje i klimatizaciju, Beograd, 1982.
- [10] Duffie J. A., Beckman W. A.: Solar engineering of thermal processes, University of Wisconsin-Madison, SAD, 2013.
- [11] Dović D., Horvat I., Rodić A., Soldo V., Švaić S.: Algoritam za određivanje energijskih zahtjeva i učinkovitosti termotehničkih sustava u zgradama, FSB, Zagreb, 2015.
- [12] Dović D., Ferdelji F., Horvat I., Rodić A.: Algoritam za proračun potrebne energije za primjenu ventilacijskih i klimatizacijskih sustava kod grijanja i hlađenja prostora zgrade, FSB, Zagreb, 2015.

## **PRILOZI**

- I. Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831
- II. CD-R disc
- III. Tehnička dokumentacija

## **Prilog I – Proračun toplinskih gubitaka prema HRN EN 12831**



<b>K1</b>						
<b>S1</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b><math>\vartheta_i</math> (°C)</b>	<b><math>\Phi_H</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_T</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_V</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_{RH}</math> (W)</b>
P1	Hodnik	15	144	65	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	590	377	162	51
P3	Izba	15	27	12	15	0
P4	Dnevni boravak	20	887	592	224	71
P5	Kupaona	24	292	217	59	16
P6	Soba	20	719	453	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2659</b>	<b>1716</b>	<b>741</b>	<b>202</b>
<b>S2</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b><math>\vartheta_i</math> (°C)</b>	<b><math>\Phi_H</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_T</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_V</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_{RH}</math> (W)</b>
P1	Hodnik	15	161	83	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	437	296	108	33
P3	Dnevni boravak	20	865	519	265	81
P4	Kupaona	24	156	82	58	16
P5	Soba	20	653	423	175	55
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2272</b>	<b>1403</b>	<b>684</b>	<b>185</b>
<b>S3</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b><math>\vartheta_i</math> (°C)</b>	<b><math>\Phi_H</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_T</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_V</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_{RH}</math> (W)</b>
P1	Hodnik	15	144	65	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	598	385	162	51
P3	Izba	15	27	12	15	0
P4	Dnevni boravak	20	766	471	224	71
P5	Kupaona	24	165	90	59	16
P6	Soba	20	622	356	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2323</b>	<b>1380</b>	<b>741</b>	<b>202</b>
<b>S4</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b><math>\vartheta_i</math> (°C)</b>	<b><math>\Phi_H</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_T</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_V</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_{RH}</math> (W)</b>
P1	Hodnik	15	144	65	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	598	385	162	51
P3	Izba	15	27	12	15	0
P4	Dnevni boravak	20	766	471	224	71
P5	Kupaona	24	165	90	59	16
P6	Soba	20	622	356	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2323</b>	<b>1380</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S5**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	161	83	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	437	296	108	33
P3	Dnevni boravak	20	865	519	265	81
P4	Kupaona	24	156	82	58	16
P5	Soba	20	653	423	175	55
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2272</b>	<b>1403</b>	<b>684</b>	<b>185</b>

**S6**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	144	65	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	598	385	162	51
P3	Izba	15	27	12	15	0
P4	Dnevni boravak	20	766	471	224	71
	Kupaona	24	165	90	59	16
P5	Soba	20	622	356	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2323</b>	<b>1380</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S7**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	144	65	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	598	385	162	51
P3	Izba	15	27	12	15	0
P4	Dnevni boravak	20	766	471	224	71
P5	Kupaona	24	165	90	59	16
P6	Soba	20	622	356	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2323</b>	<b>1380</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S8**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	161	83	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	437	296	108	33
P3	Dnevni boravak	20	865	519	265	81
P4	Kupaona	24	156	82	58	16
P5	Soba	20	653	423	175	55
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2272</b>	<b>1403</b>	<b>684</b>	<b>185</b>

**S9**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b><math>\vartheta_i</math> (°C)</b>	<b><math>\Phi_H</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_T</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_V</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_{RH}</math> (W)</b>
P1	Hodnik	15	144	65	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	590	377	162	51
P3	Izba	15	27	12	15	0
P4	Dnevni boravak	20	887	592	224	71
P5	Kupaona	24	292	217	59	16
P6	Soba	20	719	453	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2659</b>	<b>1716</b>	<b>741</b>	<b>202</b>
	<b>Ukupno: Kat 1</b>		<b>21425</b>	<b>13162</b>	<b>6496</b>	<b>1767</b>

**K2****S1**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b><math>\vartheta_i</math> (°C)</b>	<b><math>\Phi_H</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_T</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_V</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_{RH}</math> (W)</b>
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	758	463	224	71
P5	Kupaona	24	254	179	59	16
P6	Soba	20	625	359	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2297</b>	<b>1355</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S2**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b><math>\vartheta_i</math> (°C)</b>	<b><math>\Phi_H</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_T</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_V</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_{RH}</math> (W)</b>
P1	Hodnik	15	129	51	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	388	247	108	33
P3	Dnevni boravak	20	731	385	265	81
P4	Kupaona	24	135	61	58	16
P5	Soba	20	575	345	175	55
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>1959</b>	<b>1090</b>	<b>684</b>	<b>185</b>

**S3**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b><math>\vartheta_i</math> (°C)</b>	<b><math>\Phi_H</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_T</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_V</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_{RH}</math> (W)</b>
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	645	350	224	71
P5	Kupaona	24	127	52	59	16
P6	Soba	20	528	262	202	64

Ukupno: Stan			1960	1018	741	202
S4						
P	Prostorija	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	645	350	224	71
P5	Kupaona	24	127	52	59	16
P6	Soba	20	528	262	202	64
Ukupno: Stan			1960	1018	741	202
S5						
P	Prostorija	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	129	51	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	388	247	108	33
P3	Dnevni boravak	20	731	385	265	81
P4	Kupaona	24	135	61	58	16
P5	Soba	20	575	345	175	55
Ukupno: Stan			1959	1090	684	185
S6						
P	Prostorija	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	645	350	224	71
P5	Kupaona	24	127	52	59	16
P6	Soba	20	528	262	202	64
Ukupno: Stan			1960	1018	741	202
S7						
P	Prostorija	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Dnevni boravak	15	21	6	15	0
P4	Kupaona	20	645	350	224	71
P5	Soba	24	127	52	59	16
P6	Dnevni boravak	20	528	262	202	64
Ukupno: Stan			1960	1018	741	202

**S8**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	129	51	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	388	247	108	33
P3	Dnevni boravak	20	731	385	265	81
P4	Kupaona	24	135	61	58	16
P5	Soba	20	575	345	175	55
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>1959</b>	<b>1090</b>	<b>684</b>	<b>185</b>

**S9**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	758	463	224	71
P5	Kupaona	24	254	179	59	16
P6	Soba	20	625	359	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2297</b>	<b>1355</b>	<b>741</b>	<b>202</b>
	<b>Ukupno: Kat 2</b>		<b>18315</b>	<b>10051</b>	<b>6496</b>	<b>1767</b>

**K3****S1**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	758	463	224	71
P5	Kupaona	24	254	179	59	16
P6	Soba	20	625	359	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2297</b>	<b>1355</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S2**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	129	51	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	388	247	108	33
P3	Dnevni boravak	20	731	385	265	81
P4	Kupaona	24	135	61	58	16
P5	Soba	20	575	345	175	55
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>1959</b>	<b>1090</b>	<b>684</b>	<b>185</b>

**S3**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	645	350	224	71
P5	Kupaona	24	127	52	59	16
P6	Soba	20	528	262	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>1960</b>	<b>1018</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S4**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	645	350	224	71
P5	Kupaona	24	127	52	59	16
P6	Soba	20	528	262	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>1960</b>	<b>1018</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S5**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	129	51	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	388	247	108	33
P3	Dnevni boravak	20	731	385	265	81
P4	Kupaona	24	135	61	58	16
P5	Soba	20	575	345	175	55
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>1959</b>	<b>1090</b>	<b>684</b>	<b>185</b>

**S6**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	645	350	224	71
P5	Kupaona	24	127	52	59	16
P6	Soba	20	528	262	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>1960</b>	<b>1018</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S7**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Dnevni boravak	15	21	6	15	0
P4	Kupaona	20	645	350	224	71
P5	Soba	24	127	52	59	16
P6	Dnevni boravak	20	528	262	202	64
<b>Ukupno: Stan</b>			<b>1960</b>	<b>1018</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S8**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	129	51	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	388	247	108	33
P3	Dnevni boravak	20	731	385	265	81
P4	Kupaona	24	135	61	58	16
P5	Soba	20	575	345	175	55
<b>Ukupno: Stan</b>			<b>1959</b>	<b>1090</b>	<b>684</b>	<b>185</b>

**S9**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	758	463	224	71
P5	Kupaona	24	254	179	59	16
P6	Soba	20	625	359	202	64
<b>Ukupno: Stan</b>			<b>2297</b>	<b>1355</b>	<b>741</b>	<b>202</b>
<b>Ukupno: Kat 3</b>			<b>18315</b>	<b>10051</b>	<b>6496</b>	<b>1767</b>

**K4****S1**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	758	463	224	71
P5	Kupaona	24	254	179	59	16
P6	Soba	20	625	359	202	64

Ukupno: Stan		2297	1355	741	202	
S2						
P	Prostorija	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	129	51	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	388	247	108	33
P3	Dnevni boravak	20	731	385	265	81
P4	Kupaona	24	135	61	58	16
P5	Soba	20	575	345	175	55
Ukupno: Stan		1959	1090	684	185	
S3						
P	Prostorija	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	645	350	224	71
P5	Kupaona	24	127	52	59	16
P6	Soba	20	528	262	202	64
Ukupno: Stan		1960	1018	741	202	
S4						
P	Prostorija	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	645	350	224	71
P5	Kupaona	24	127	52	59	16
P6	Soba	20	528	262	202	64
Ukupno: Stan		1960	1018	741	202	
S5						
P	Prostorija	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	129	51	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	388	247	108	33
P3	Dnevni boravak	20	731	385	265	81
P4	Kupaona	24	135	61	58	16
P5	Soba	20	575	345	175	55
Ukupno: Stan		1959	1090	684	185	



<b>S6</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	645	350	224	71
P5	Kupaona	24	127	52	59	16
P6	Soba	20	528	262	202	64
<b>Ukupno: Stan</b>			<b>1960</b>	<b>1018</b>	<b>741</b>	<b>202</b>
<b>S7</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Dnevni boravak	15	21	6	15	0
P4	Kupaona	20	645	350	224	71
P5	Soba	24	127	52	59	16
P6	Dnevni boravak	20	528	262	202	64
<b>Ukupno: Stan</b>			<b>1960</b>	<b>1018</b>	<b>741</b>	<b>202</b>
<b>S8</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	129	51	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	388	247	108	33
P3	Dnevni boravak	20	731	385	265	81
P4	Kupaona	24	135	61	58	16
P5	Soba	20	575	345	175	55
<b>Ukupno: Stan</b>			<b>1959</b>	<b>1090</b>	<b>684</b>	<b>185</b>
<b>S9</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	112	34	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	527	314	162	51
P3	Izba	15	21	6	15	0
P4	Dnevni boravak	20	758	463	224	71
P5	Kupaona	24	254	179	59	16
P6	Soba	20	625	359	202	64
<b>Ukupno: Stan</b>			<b>2297</b>	<b>1355</b>	<b>741</b>	<b>202</b>
<b>Ukupno: Kat 4</b>			<b>18315</b>	<b>10051</b>	<b>6496</b>	<b>1767</b>

<b>K5</b>						
<b>S1</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	153	74	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	624	411	162	51
P3	Izba	15	29	14	15	0
P4	Dnevni boravak	20	932	637	224	71
P5	Kupaona	24	298	223	59	16
P6	Soba	20	757	491	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2793</b>	<b>1850</b>	<b>741</b>	<b>202</b>
<b>S2</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	184	106	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	455	314	108	33
P3	Dnevni boravak	20	890	544	265	81
P4	Kupaona	24	166	92	58	16
P5	Soba	20	679	449	175	55
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2374</b>	<b>1505</b>	<b>684</b>	<b>185</b>
<b>S3</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	153	74	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	624	411	162	51
P3	Izba	15	29	14	15	0
P4	Dnevni boravak	20	787	492	224	71
	Kupaona	24	161	86	59	16
P5	Soba	20	687	421	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2441</b>	<b>1498</b>	<b>741</b>	<b>202</b>
<b>S4</b>						
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	153	74	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	624	411	162	51
P3	Izba	15	29	14	15	0
P4	Dnevni boravak	20	787	492	224	71
P5	Kupaona	24	161	86	59	16
P6	Soba	20	687	421	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2441</b>	<b>1498</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S5**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	184	106	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	455	314	108	33
P3	Dnevni boravak	20	890	544	265	81
P4	Kupaona	24	166	92	58	16
P5	Soba	20	679	449	175	55
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2374</b>	<b>1505</b>	<b>684</b>	<b>185</b>

**S6**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	153	74	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	624	411	162	51
P3	Izba	15	29	14	15	0
P4	Dnevni boravak	20	787	492	224	71
P5	Kupaona	24	161	86	59	16
P6	Soba	20	687	421	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2441</b>	<b>1498</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S7**

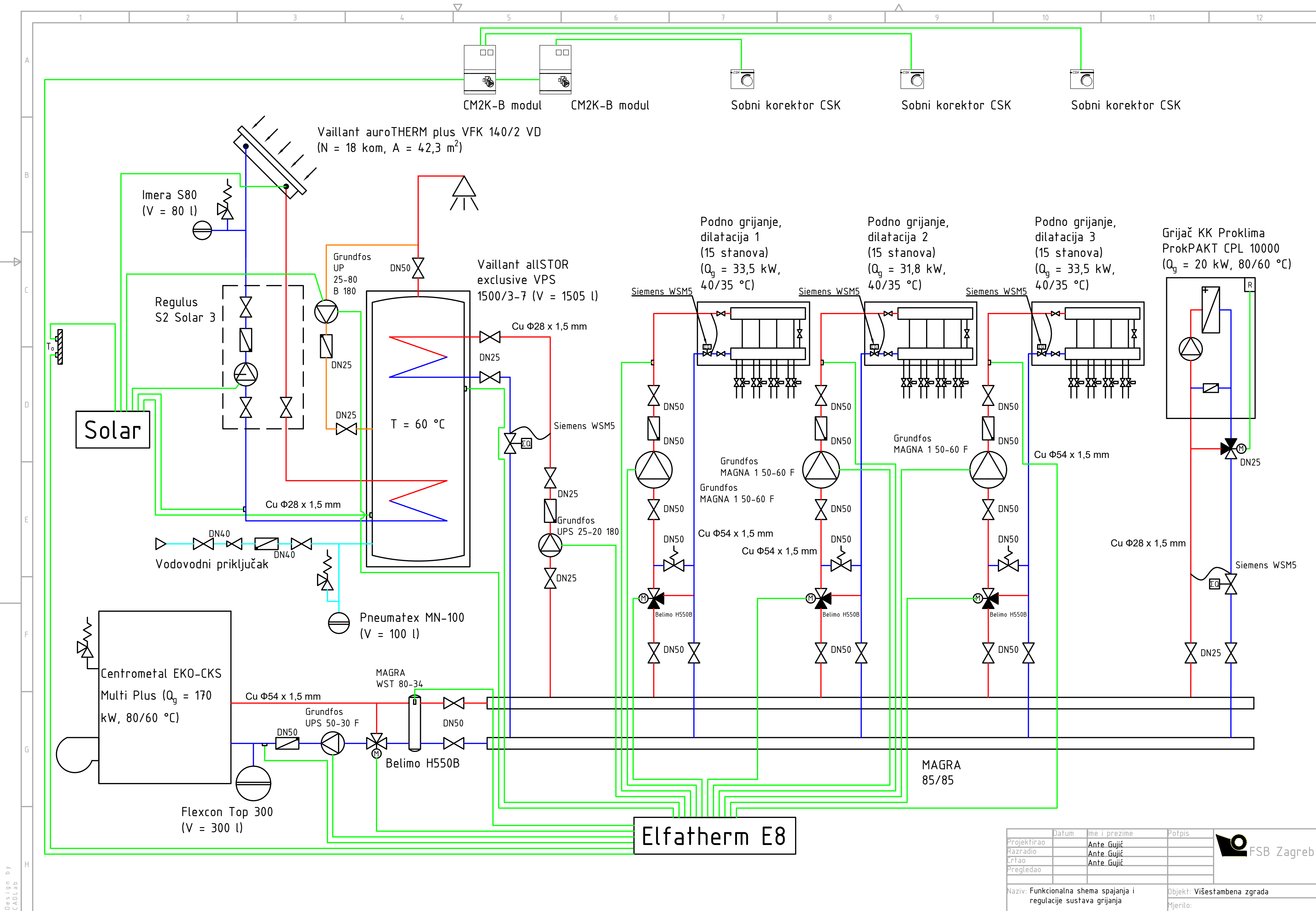
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	153	74	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	624	411	162	51
P3	Izba	15	29	14	15	0
P4	Dnevni boravak	24	787	492	224	71
P5	Kupaona	20	161	86	59	16
P6	Soba	20	687	421	202	64
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2441</b>	<b>1498</b>	<b>741</b>	<b>202</b>

**S8**

<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	$\vartheta_i$ (°C)	$\Phi_H$ (W)	$\Phi_T$ (W)	$\Phi_V$ (W)	$\Phi_{RH}$ (W)
P1	Hodnik	15	184	106	78	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	455	314	108	33
P3	Dnevni boravak	20	890	544	265	81
P4	Kupaona	24	166	92	58	16
P5	Soba	20	679	449	175	55
	<b>Ukupno: Stan</b>		<b>2374</b>	<b>1505</b>	<b>684</b>	<b>185</b>

**S9**

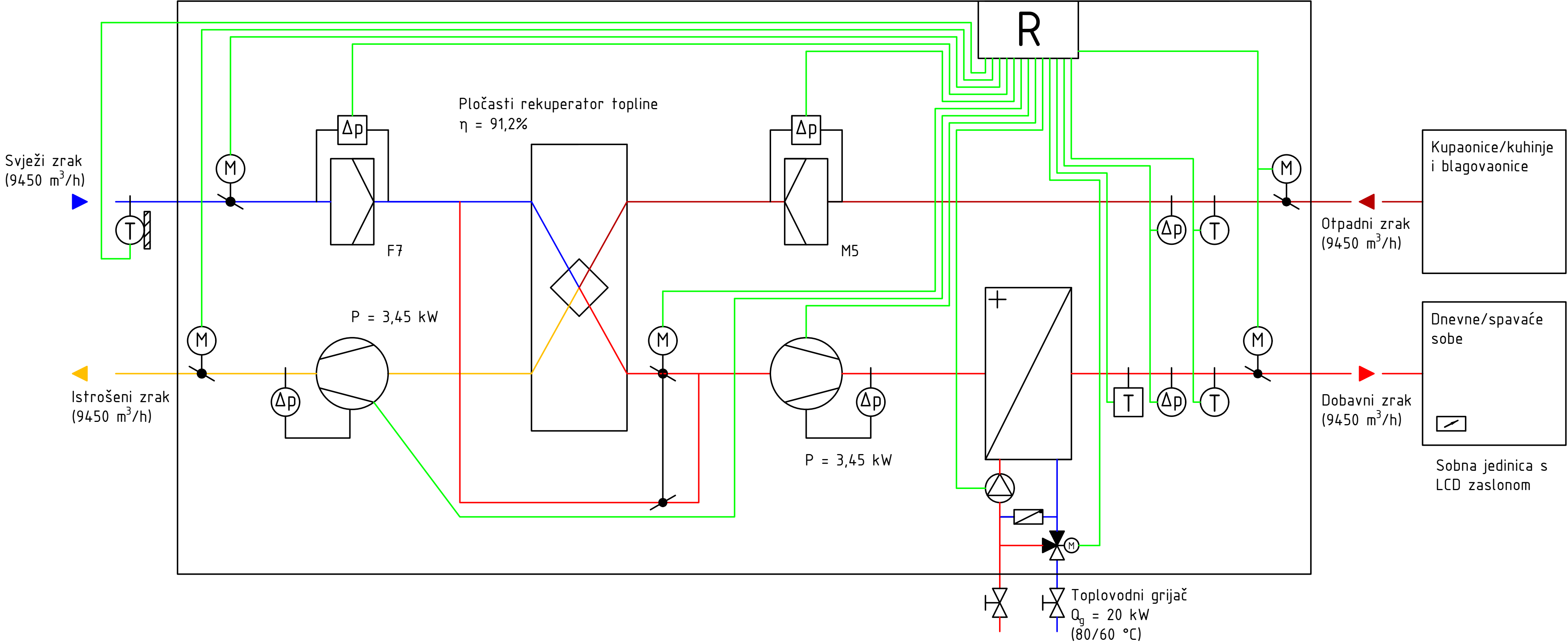
<b>P</b>	<b>Prostorija</b>	<b><math>\vartheta_i</math> (°C)</b>	<b><math>\Phi_H</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_T</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_V</math> (W)</b>	<b><math>\Phi_{RH}</math> (W)</b>
P1	Hodnik	15	153	74	79	0
P2	Kuhinja i blagovaonica	20	624	411	162	51
P3	Izba	15	29	14	15	0
P4	Dnevni boravak	20	932	637	224	71
P5	Kupaona	24	298	223	59	16
P6	Soba	20	757	491	202	64
<b>Ukupno: Stan</b>			<b>2793</b>	<b>1850</b>	<b>741</b>	<b>202</b>
<b>Ukupno: Kat 5</b>			<b>22469</b>	<b>14206</b>	<b>6496</b>	<b>1767</b>
<b>Ukupno: Zgrada</b>			<b>98838</b>	<b>57522</b>	<b>32481</b>	<b>8835</b>



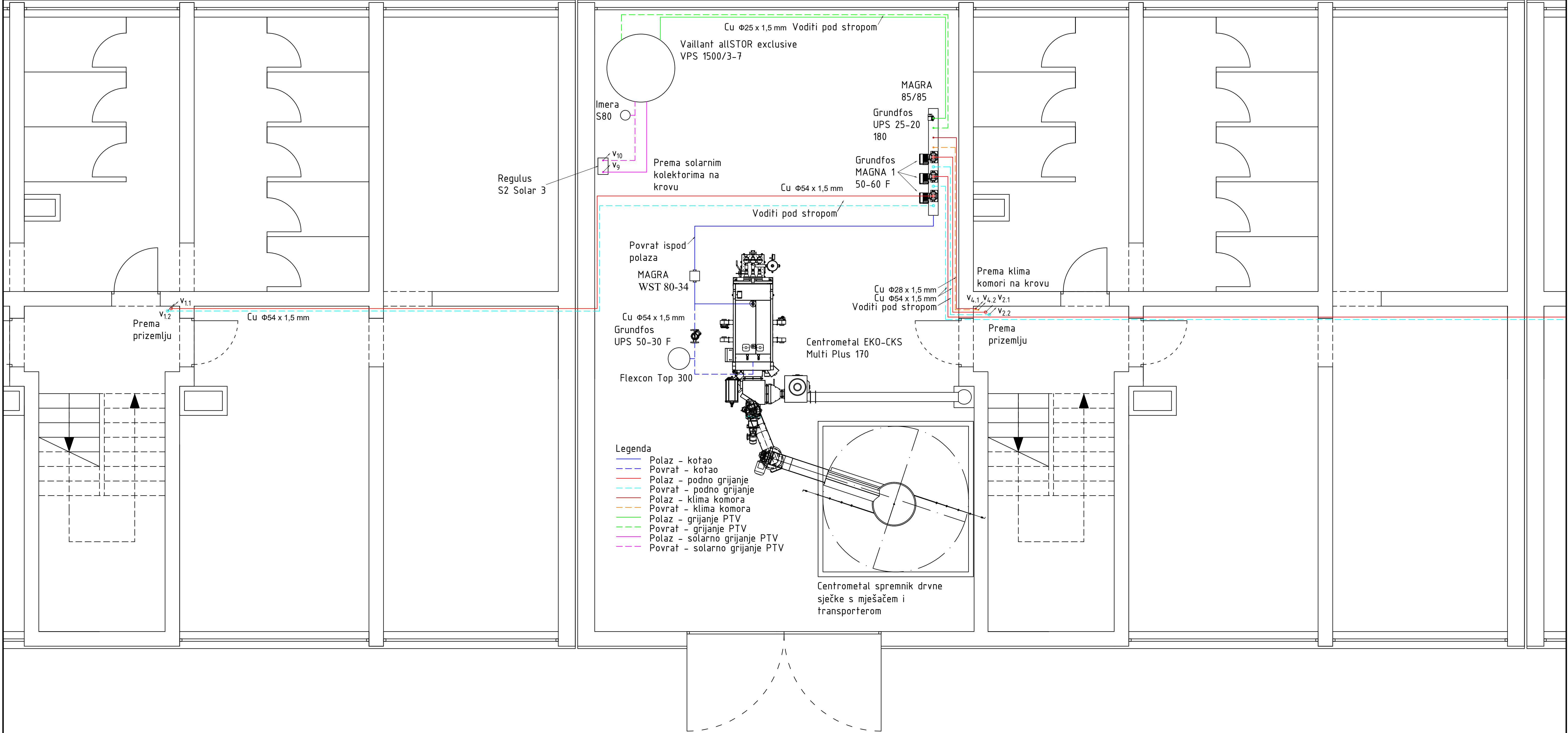
Datum	Ime i prezime	Potpis
Projektirao	Ante Gujić	
Razradio	Ante Gujić	
Crtao	Ante Gujić	
Pregledao		
Naziv: Funkcionalna shema spajanja i regulacije sustava grijanja		Objekt: Višestambena zgrada
		Mjerilo:



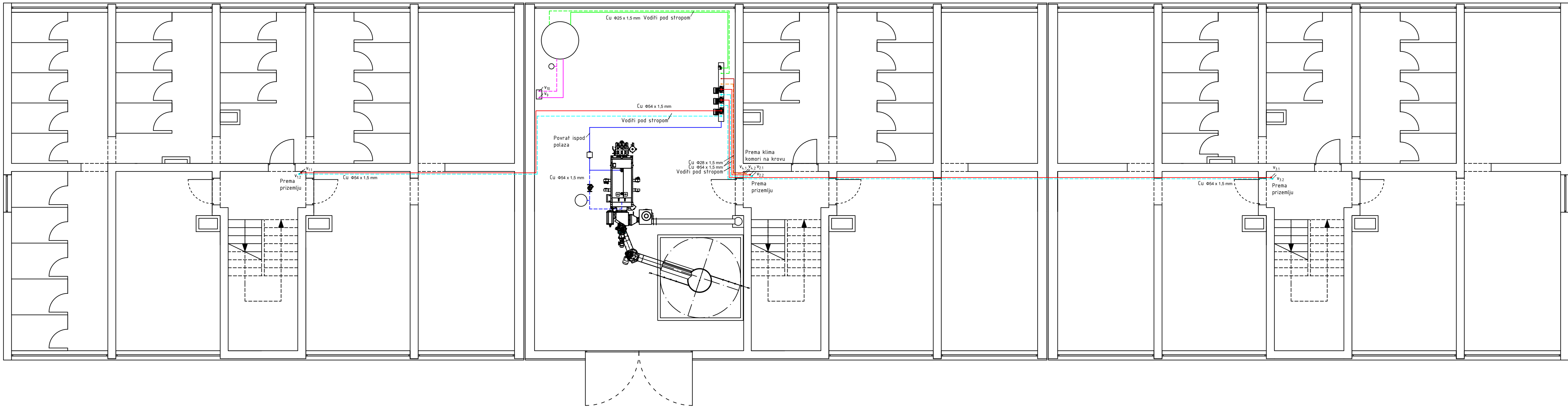
Proklima ProPAKT CPL 10000



	Datum	Ime i prezime	Potpis	
Projektirao		Ante Gujić		
Razradio		Ante Gujić		
Crtao		Ante Gujić		
Pregledao				
Naziv: Funkcionalna shema spajanja i regulacije ventilacije				Objekt: Višestambena zgrada
				Mjerilo:

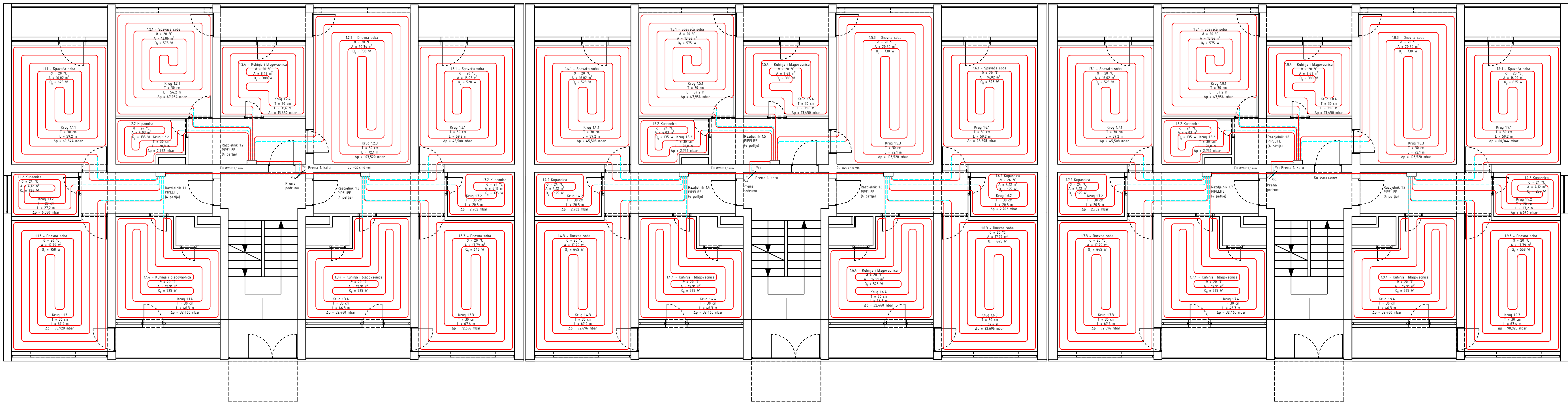


	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
Projektirao		Ante Gujić		
Razradio		Ante Gujić		
Crtao		Ante Gujić		
Pregledao				
Naziv: Dispozicija kotlovnice - podrum				Objekt: Višestambena zgrada Mjerilo: M1:4

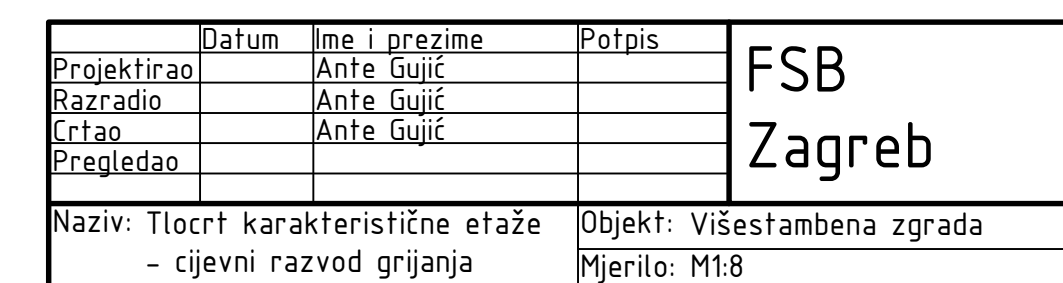


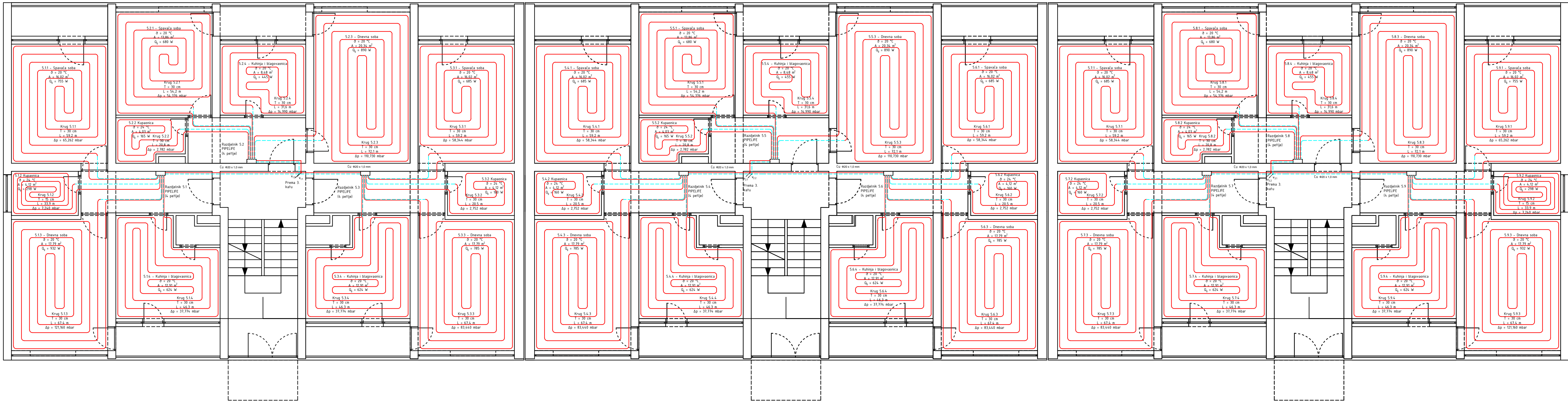
	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
Projektirao		Ante Gujić		
Razradio		Ante Gujić		
Crtao		Ante Gujić		
Pregledao				
Naziv: Tlocrt podruma – cijevni razvod grijanja				Objekt: Višestambena zgrada Mjerilo: M1:8



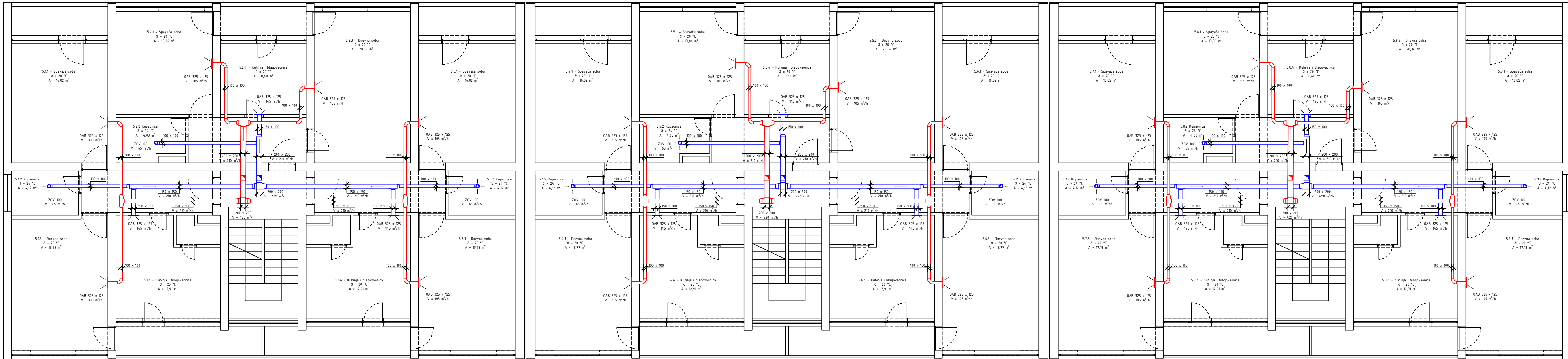


	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
Projektirao		Ante Gajić		
Razradio		Ante Gajić		
Čitao		Ante Gajić		
Pregledao				
Naziv: Tlocrt prizemlja - cijevni razvod grijanja			Objekt: Višestambena zgrada Mjerilo: M1:8	





	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
Projektirao		Ante Gajić		
Razradio		Ante Gajić		
Čitao		Ante Gajić		
Pregledao				
Naziv: Tlocrtni posljednje etaže – cijevni razvod grijanja			Objekt: Višestambena zgrada Mjerilo: M1:8	



	Datum	Ime i prezime	Potpis	FSB Zagreb
Projektirao		Ante Gurić		
Razradio		Ante Gurić		
Crtao		Ante Gurić		
Pregledao				
Naziv: Tlocrt karakteristične etaže – razvod ventilacijskih kanala			Objekt: Višestambena zgrada Mjerilo: M1:8	

